

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON
(PHYSIOLOGIE)

PAR

John-Henri OLTRAMARE

« Le but supérieur de la science est
d'alimenter, en augmentant sans cesse
son niveau, l'immense réservoir d'où
viennent en réalité toutes les inventions.

« Raphaël Dubois »

1^{re} THÈSE. — DE L'ACTION COMPARATIVE DE LA LUMIÈRE ET DE
L'OBSCURITÉ SUR LES ÊTRES VIVANTS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 5 Novembre 1918, devant la Commission d'examen

MM. DUBOIS. *Président.*

COUVREUR *Examineurs.*

J. RAY. *Examineurs.*

LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

1918

DE L'ACTION COMPARATIVE
DE LA LUMIÈRE ET DE L'OBSCURITÉ
SUR LES ÊTRES VIVANTS

UNIVERSITÉ DE LYON. — FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen

M. DEPÉRET, *, I. , .
Membre de l'Institut.

Assesseur

M. VIGNON, *, I. .

Professeur honoraire

M. VESSIOT, I. .

Professeurs

MM. BARBIER, O. *, I. . Chimie générale.

Correspondant de l'Institut.

GOUY, *, I. . Physique.

Membre de l'Institut.

GÉRARD, *, I. , . Botanique.

DUBOIS, *, I. , , G. O. , O. . Physiologie générale et comparée.

DEPÉRET, *, I. , . Géologie.

Membre de l'Institut.

KOEHLER, *, I. . Zoologie.

OFFRET, I. . Minéralogie théorique et appliquée.

VIGNON, *, I. . Chimie appliquée à l'industrie et à l'agriculture.

X. Mathématiques appliquées.

DULAC, *, I. . Mathématiques pures.

LE VAVASSEUR, I. . Calcul différentiel et intégral.

MASCART, I. . Astronomie approfondie.

Professeurs adjoints

MM. VAUTIER, I. . Physique.

RIGOLLOT, I. . Physique industrielle.

COUTURIER, I. . Chimie appliquée.

VANEY, I. . Zoologie.

Chargés de cours complémentaires et Maîtres de conférences

MM. RICHE, I. . Géologie.

COUVREUR, I. . Physiologie.

RAY, I. . Botanique.

THOVERT, I. . Physique.

LOCQUIN, A. . Chimie générale.

X. Astronomie.

MEUNIER, I. . Technologie des industries chimiques.

ROMAN, I. . Géologie et minéralogie agricoles.

CHIFFLOT, I. . Géographie botanique.

WIERNBERGER, A. . Mathématiques générales.

MAYET, I. . Anthropologie.

GUILLIERMOND, A. . Botanique agricole.

PELOSSE Sériciculture.

Secrétaire

M. BAYLE, I. .

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON
(PHYSIOLOGIE)

PAR

John-Henri OLTRAMARE

« Le but supérieur de la science est
d'alimenter, en augmentant sans cesse
son niveau, l'immense réservoir d'où
viennent en réalité toutes les inventions.

« Raphaël Dubois »

1^{re} THÈSE. — DE L'ACTION COMPARATIVE DE LA LUMIÈRE ET DE
L'OBSCURITÉ SUR LES ÊTRES VIVANTS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 5 Novembre 1918, devant la Commission d'examen



MM. DUBOIS. . . .	Président.
COUVREUR . . .	Examineurs.
J. RAY. . . .	

LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

1918

ERRATA

- Page 6, note 2 : *au lieu de Sincei, lire Lincei.*
- Page 9, ligne 19 : *au lieu de inhilante, lire inhibante.*
- Page 9, avant-dernière ligne : *au lieu de Horneococcus, lire Horneococcus.*
- Page 11, ligne 25 : *au lieu de crasso, lire crassa.*
- Page 15, note 3, *au lieu de Vürme, lire Värme.*
- Page 16, ligne 10 : *au lieu de myscomycète, lire myxomycète.*
- Page 16, ligne 15 : *au lieu de Panderina, lire Pandorina.*
- Page 16, note 4 : *au lieu de des, lire der.*
- Page 19, ligne 18 : *au lieu de poissons, lire céphalopodes.*
- Page 19, même ligne : *au lieu de Lotigo, vulgaris, lire Lotigo vulgaris.*
- Page 21, note 3 : *au lieu de medezin, lire medizin.*
- Page 27, ligne 33 : *au lieu de Dendiocaelum, lire Dendrocoelum.*
- Page 27, même ligne : *au lieu de ganocephala, lire gonoccephala.*
- Page 33 : *au lieu de Hiphargus, lire Niphargus.*
- Page 77 : *au lieu de hémotimètre, lire hematimètre.*
- Page 112 : *au lieu de salamandres, lire tritons.*
- Page 114, ligne 10 : *au lieu de absence, lire présence.*
- Page 116, ligne 15 : *au lieu de h, lire H.*
-

DE L'ACTION COMPARATIVE DE LA LUMIÈRE ET DE L'OBSCURITÉ SUR LES ÊTRES VIVANTS

INTRODUCTION

Toute méthode thérapeutique présente au moment de son apparition certaines variétés d'interprétation : prônée par les uns, elle est dénoncée comme dangereuse par les autres ; puis, elle arrive à son complet développement.

Il y a une période d'engouement pendant laquelle elle jouit des faveurs de la mode avant d'entrer dans les limites du cadre que lui assure sa valeur réelle.

L'héliothérapie peut être citée comme un exemple de cette évolution ; de nombreuses publications, qui n'ont malheureusement pas toujours été faites dans un but purement scientifique, la simplicité de la méthode, le peu de frais de la cure, nécessitant tout au plus une terrasse, un toit ou même une simple chambre exposée au soleil, l'ont rendue populaire. On ne se contente plus de faire de l'héliothérapie dans un but curatif, on fait de l'héliothérapie préventive¹.

Ses admirateurs ont même voulu lui trouver une origine lointaine et, à force d'en chercher les traces dans l'histoire,

¹ Dr Lucien Jeanneret, *Comment protéger l'enfance contre la tuberculose. La cure de soleil préventive. La gymnastique respiratoire*, Paris, O. Doin, 1915.

ils ont fini par remonter bien avant l'ère chrétienne et ils prétendent trouver dans les adorateurs du soleil des adeptes de la cure solaire¹.

Il semble que l'engouement fasse trop souvent négliger la recherche patiente et l'observation méthodique. Comme l'a fait remarquer très judicieusement M. le D^r Raphaël Dubois, professeur de physiologie générale et comparée à l'Université de Lyon, dans son ouvrage *la Vie et la Lumière*, « il ne faut
« cependant pas perdre de vue que l'emploi de ces méthodes
« de traitement, aussi bien que celle qui a pour base les cou-
« rants de haute fréquence et les ondes hertziennes, ont besoin
« de subir l'épreuve du temps et de l'expérimentation dans
« des conditions de déterminisme plus rigoureuses². » C'est cette manière de voir qui nous a guidé dans la préparation de cette thèse et nous a fait quitter le domaine clinique pour nous confiner dans celui de l'expérience pure.

Nous ne saurions trop remercier M. le professeur Raphaël Dubois de nous avoir encouragé dans l'étude de cette partie de la biologie si féconde en enseignements de toutes sortes, si captivante et si importante au point de vue de ses conséquences pratiques. Nous le prions de recevoir l'expression de notre vive gratitude pour les conseils qu'il nous a prodigués pendant que nous avons eu le privilège de travailler sous sa haute direction.

Nous exprimons également notre reconnaissance à M. R. Couvreur, chargé d'un cours complémentaire de physiologie, ainsi qu'à M. H. Clément, préparateur de physiologie à l'Université de Lyon, pour l'obligeance avec laquelle ils ont facilité notre travail.

Les recherches concernant l'action des radiations lumineuses sont excessivement nombreuses.

Les unes consistent à soumettre des êtres vivants à l'action

¹ A. Aimes, *la Pratique de l'héliothérapie*, Maloine, 1914.

² Raphaël Dubois, *la Vie et la Lumière*, p. 328, Paris, Alcan, 1914.

plus ou moins prolongée soit des radiations solaires, soit des radiations obtenues par des moyens artificiels, telles, par exemple, les radiations ultra-violettes. D'autres ont été faites sur des animaux vivant habituellement dans l'obscurité, tels, par exemple, les animaux cavernicoles qui présentent, de ce fait, une plus grande sensibilité vis-à-vis des radiations lumineuses. Enfin, certains expérimentateurs se sont adressés à des animaux vivant normalement à la lumière, et ont cherché à voir les phénomènes qui se produisent lorsqu'on les fait séjourner un temps plus ou moins long dans l'obscurité.

Désireux de pouvoir approfondir autant que possible notre sujet, nous avons décidé de limiter le champ de notre étude, et d'expérimenter sur des animaux placés, comparativement, les uns à la lumière, les autres dans l'obscurité. C'est afin de bien préciser le point de vue auquel nous nous sommes placés pour nos expériences, que nous avons pris comme titre de notre travail : *De l'action comparative de la lumière et de l'obscurité sur les êtres vivants.*

Pour donner le plus de clarté possible à notre exposé, nous l'avons divisé en deux parties : la première est consacrée à l'historique de la question ainsi qu'à l'exposé de nos connaissances actuelles sur la lumière ; dans la seconde partie, nous exposons les résultats de nos recherches personnelles.

Ayant abordé cette étude avec la ferme intention de réaliser l'expérimentation dans des conditions de précision aussi rigoureuses que possible, nous ne nous sommes pas fait d'illusion sur les difficultés de la tâche ; mais nous croyons, cependant, que notre travail n'aura pas été inutile si nous réussissons à apporter quelques clartés nouvelles dans la question.

PREMIÈRE PARTIE

NOS CONNAISSANCES ACTUELLES CONCERNANT LA LUMIÈRE ET SON ACTION SUR LES ÊTRES VIVANTS

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les recherches concernant l'action biologique de la lumière sont tellement nombreuses qu'il faudrait plusieurs volumes pour les exposer en détail, aussi ne pouvons-nous songer à les citer toutes et nous devons nous contenter d'en rappeler les principales.

La complexité du sujet nous obligera, en outre, à ne pas suivre exclusivement l'ordre chronologique des faits. Nous commencerons par envisager l'action des radiations lumineuses sur les formes les plus simples du bioprotéon¹, puis,

¹ Le professeur R. Dubois enseigne depuis plus d'un quart de siècle que les termes de force, énergie, matière, ne sont que les aspects différents d'un seul et même principe unique, le protéon, qui par ses innombrables métamorphoses constitue la nature où rien ne se perd, rien ne se crée, mais où tout évolue d'une manière incessante. C'est pour indiquer une des formes du protéon et remplacer le terme impropre de proto-plasma que le professeur Dubois a proposé celui de bioprotéon. La théorie uniciste de R. Dubois a été créée bien avant que Haeckel ait généralisé son monisme, qui partait de la monère, en lui donnant un sens plus universel (voir Protéon au *Livre jubilaire du professeur Richet*, 1912, p. 71).

suivant cette action à travers l'échelle animale, nous aboutirons à l'homme. C'est ainsi que nous étudierons l'action des réactions lumineuses sur les zymases et sur les bactéries, puis, après avoir exposé très succinctement leur action dans le monde végétal, nous nous étendrons davantage sur leur action chez les animaux, cette question se rapportant plus directement au sujet de notre thèse. Enfin, nous donnerons un bref aperçu des recherches faites sur l'homme.

*
**

En 1883, puis en 1890, Giunti montra dans des recherches concernant l'action des radiations lumineuses sur les zymases¹ que ces radiations avaient la propriété d'entraver la fermentation alcoolique², ainsi que la fermentation acétique³; peu après, Downes et Blunt signalèrent l'action inhilante de la lumière sur les macérations filtrées de levure de bière. Enfin, Duclaux⁴ montra, par ses expériences sur la sucrase, qu'il suffit que le récipient contenant ce corps ait été préalablement soumis à l'action des radiations lumineuses pour que l'action de la sucrase soit détruite.

*
**

Spallanzani signala, en 1700, l'action destructive du soleil sur les germes vivants contenus dans une infusion végétale. Signalons encore, en passant, les recherches de Schmarda sur des cultures d'infusoires. Mais, pour être juste, il faut

¹ Voir Raphaël Dubois, Action de la lumière sur les animaux (*Phys. biol. de d'Arsouval*, t. II, p. 227).

² Giunti, Action de la lumière sur la fermentation alcoolique (*Accademia dei Sinceri*, 3 giugno 1883).

³ Giunti, Action de la lumière sur la fermentation acétique (*Stazioni sperimentali agrarie italiane*, 1890, fasc. 20).

⁴ Duclaux, *Traité de microbiologie*, t. II, p. 222, Paris, 1898.

reconnaître que ce sont surtout les travaux de Downes et Blunt¹ qui attirèrent l'attention du monde scientifique sur cette importante question. On ne tarde pas en effet à voir surgir de nombreux travaux, parmi lesquels ceux de Tyndall², de Jamieson³, de Santori⁴, etc., tous ces travaux présentent une même lacune; ils n'ont pas été faits dans des conditions de déterminisme suffisamment rigoureux, et il faut attendre les recherches d'Arloing en 1885, et de Duclaux en 1887, pour trouver des expériences faites avec le rigorisme scientifique nécessaire. Les conclusions de Duclaux concernant ses recherches sur le *Tyrophrix scaber* et sur le cocus du clou de Biskra sont particulièrement intéressantes.

D'après cet auteur :

« 1° Le degré de résistance au soleil des divers bacilles est variable selon l'espèce du bacille; et, pour un même bacille, suivant la nature du liquide dans lequel il a été cultivé;

« 2° Ce n'est qu'au bout d'un mois d'exposition au soleil que ces spores, conservées à sec dans un ballon de verre, commencent à devenir incapables de se développer dans un milieu approprié;

« 3° Les cocus chez lesquels on ne connaît pas de spores sont plus rapidement tués que les spores de bacilles;

« 4° Les cocus sont moins résistants quand ils sont isolés à l'état sec que lorsqu'ils sont contenus dans un liquide de culture;

« 5° La mort de tous ces microbes est d'autant plus rapide

¹ Downes et Blunt, *Proc. Roy. Society of London*, 1877, XXVI, p. 488 et 1878, XXVIII, p. 199.

² Tyndall, Note on the influence exercised by light on organic infusores (*Proc. Roy. Soc. of London*, vol. 28, n° 19).

³ Jamieson, The influence of light on the development of Bacteria (*Nature*, vol. 26, p. 244).

⁴ Santori, Influenza della temperatura sull azione microbica della luce (*Ann. dell' Ist. d' Igiene spec. di Roma*, 1890, vol. 11, p. 121).

Action de la lumière sur le bacille du Charbon (*Bollett. dell' Accad. medica di Roma*, XVI, 1889-1890).

« que l'insolation est plus forte et beaucoup plus prompte,
« même sous un soleil faible, qu'à l'obscurité ou à la lumière
« diffuse¹. »

Il faut encore signaler à cette même époque les travaux de Janowski² et surtout la très remarquable thèse de Gaillard sur l'influence de la lumière sur les micro-organismes.

Cet auteur, après avoir passé en revue les différentes recherches faites sur cette importante question, arrive aux conclusions suivantes :

« 1° La lumière du soleil active les mouvements d'un cer-
« tain nombre de bactéries lorsqu'elle détermine un déga-
« gement d'oxygène autour d'elle;

« 2° Elle paraît favorable à la production des matières colo-
« rantes par les microbes chromogènes.

« 3° Les bactéries, en général, et plusieurs bacilles et
« micrococci pathogènes (à l'état de mycélium et de spore)
« perdent assez rapidement leur végétabilité quand ils sont
« exposés aux rayons du soleil;

« 4° La rapidité avec laquelle disparaît la végétabilité varie
« avec sa nature du milieu ambiant;

« 5° A un moment donné, la virulence de plusieurs d'entre
« eux peut être atténuée à un degré qui permet de les utiliser
« comme vaccins (*bacillus anthracis*);

« 6° La lumière du soleil favorise le développement de
« plusieurs champignons microscopiques et des levures;

« 7° L'action de la lumière est accrue en présence de l'air,
« diminuée en l'absence de ce gaz;

« 8° Les différents rayons du spectre ont tous une certaine
« activité moindre que celle de la lumière composée;

« 9° L'action de celle-ci est en rapport avec l'intensité de
« ses rayons éclairants³. »

¹ Duclaux, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1887.

² Janowski, Influence de la lumière sur le bacille typhique (*Bacteriol. Centralblatt*, vol. 18, p. 167).

³ Gaillard, *De l'influence de la lumière sur les micro-organismes* (thèse de méd. de Lyon, 1888, p. 59-60).

Parmi les travaux plus récents, il faut signaler ceux de Gaillard, de J. Courmont, de Nogier et de Veinzlis. Ce dernier a montré que toutes les parties du spectre étaient bactéricides et que si l'on faisait agir la lumière sur un mélange de diverses espèces de bactéries, elle les tue individuellement d'après leur résistance propre.

Signalons, enfin, les remarquables recherches du professeur Raphaël Dubois montrant l'action inhilante de la lumière sur les photobactéries.

« En conservant pendant quelques semaines à la lumière du
« jour, et à une température de 10 degrés, des photobactéries
« bien lumineuses, j'ai vu (dit l'auteur) les cultures changer
« d'aspect, devenir jaunâtres et finalement s'éteindre, la
« lumière astrale avait éteint la lumière ancestrale. Ces pho-
« tobactéries repiquées sur des bouillons de culture neufs, et
« laissées à la lumière, donnèrent d'opulentes colonies, mais
« elles n'étaient pas lumineuses. Pour leur rendre la lumière,
« il fallut les laisser pendant quelques jours dans l'obscurité ;
« la lumière avait donc eu une action inhilante¹. »

*
* *

L'action de la lumière s'exerce sur chacun des actes de la vie végétale. L'assimilation, la respiration, l'accroissement, sont intimement liés à son action. L'assimilation chlorophyllienne, ce phénomène essentiel de la physiologie végétale, lui est intimement lié. La chlorophylle elle-même, sauf de très rares exceptions² ; les fougères, beaucoup d'algues microscopiques (*Horneocæcus*, *Chlorella*, *Scenedesmus*, etc.), ne se développent pas sans son action. Pour Timiriazeff, la chloro-

¹ Raphaël Dubois, *la Lumière et la Vie*, p. 187, Paris, Alcan, 1914.

² Griffon, l'Assimilation chlorophyllienne et la structure des plantes (*Colec. Scientia*, Paris).

phylle serait due à l'emmagasinement de la force vive des rayons lumineux par la photophylline.

Cet auteur a, en effet, constaté que « des solutions de photophylline enfermées dans des tubes scellés et contenant de l'acide carbonique verdissent rapidement à la lumière du soleil en se transformant en chlorophylle, tandis que dans les tubes témoins restés à l'obscurité, les solutions conservent indéfiniment leur couleur et leur spectre caractéristiques. En même temps, les tubes, en tout pareils aux précédents, mais remplis d'hydrogène, ne changent pas les propriétés optiques de leurs solutions à la lumière, pas plus qu'à l'obscurité¹.

La nature des radiations n'est pas indifférente pour ce qui est de son action sur le développement chlorophyllien. La chlorophylle, dissoute dans l'alcool, est décomposée plus facilement dans la première moitié du spectre si la lumière est vive.

Si on utilise, pour l'expérience, des plantes supérieures, on remarque qu'à une intensité lumineuse moyenne ce sont les rayons les moins réfrangibles qui provoquent le verdissement le plus rapide. Cette action commence dans l'infra-rouge et se continue jusque dans l'ultra-violet en passant par un maximum correspondant à la raie D. du jaune. « Elle est, en outre, conditionnée par la température. L'optimum correspond généralement à une température moyenne. Ainsi, l'orge ne verdit qu'à une température plus élevée que 4 degrés, l'optimum se trouve vers 25 degrés; on attribue à l'abaissement de la température en automne le jaunissement des feuilles. Les rayons du soleil continuent à décomposer la chlorophylle, mais, par suite de la température peu élevée, il ne s'en forme plus². »

¹ Timiriazeff, la Chlorophylle et la réduction de l'acide carbonique par les végétaux (*C. R. de l'Ac. des Sc.*, t. II, 1886, p. 687).

² R. Chodat, *Principes de botanique*. Genève, 1911.

Depuis Sénebier, on sait que, dans la lumière, les végétaux verts décomposent l' CO^2 . Cette décomposition de l'acide carbonique avec fixation du carbone et rejet de l'oxygène constitue l'assimilation chlorophyllienne.

Pour démontrer l'influence de la lumière sur ce phénomène, on se sert d'un appareil fort simple. Dans une eau chargée d'acide carbonique, on introduit sous un entonnoir renversé des plantes vertes aquatiques; on renverse au-dessus du bec de l'entonnoir une éprouvette pleine d'eau.

Dans cet appareil, à l'obscurité, il ne se dégage pas de bulles; mais, si on vient à le transporter à la lumière, on voit sortir, des sections des tiges, des bulles de gaz, peu solubles dans l'eau, s'accumulant au sommet de l'éprouvette. Ce gaz est de l'O. Connaissant le volume de CO^2 introduit au début dans l'appareil, on pourra constater s'il augmente ou diminue. L'analyse montre que ce gaz est remplacé par un volume sensiblement équivalent d'oxygène. L'azote n'a pas varié de volume pendant l'expérience.

L'expérience suivante, due au professeur Raphaël Dubois, montre que l'oxygène dégagé par la plante sous l'influence du soleil peut venir d'une source autre que la réduction de l'acide carbonique.

« Dans cinq éprouvettes A, B, C, D, E, j'ai introduit de l'eau
« de mer naturelle et des filaments d'une confervacée marine
« *Choetomorpha crasso* Kussing. L'éprouvette A servait de
« témoin, les éprouvettes B, C, D, E, contenaient de l'eau de
« mer purgée de gaz par l'ébullition et refroidie à la même
« température que A. Dans ces quatre éprouvettes j'immergeai
« avec précaution, pour ne pas entraîner du gaz, des filaments
« de choetomorpha. Le tout fut exposé au soleil. Au bout de
« peu de temps, de nombreuses bulles de gaz se dégageaient
« en A; plus d'une heure après, on ne constatait rien en B,
« C, D, E; on introduisit alors quelques bulles de CO^2 en B
« et une assez abondante quantité de même gaz en C sans
« pouvoir faire apparaître de dégagement au soleil. De

« l'éprouvette E, je retirai un peu d'eau bouillie et j'agitai
« l'algue avec le restant de l'eau, de façon à bien aérer le tout.
« Ensuite, je provoquai le départ des bulles restées adhérentes
« à l'algue avec un agitateur de verre. Quand les bulles en
« question eurent complètement disparu je remis de nouveau E
« au soleil. Bientôt apparut le dégagement gazeux; on ne
« saurait attribuer ce dégagement relativement abondant au
« dédoublement de la quantité infinitésimale de CO^2 contenu
« dans l'air introduit par agitation. On ne peut pas non plus
« l'expliquer par décomposition de CO^2 contenu dans l'algue,
« car celle-ci aurait pu s'effectuer dans l'eau bouillie et dans
« B et C surtout. Il ne s'agit pas d'air entraîné mécaniquement
« pour plusieurs raisons : la première est que les algues plon-
« gées dans l'eau de mer bouillie et bouillante, puis refroidie,
« ne donnent lieu à aucun dégagement après agitation comme
« pour E; la seconde est qu'en retirant doucement les fla-
« ments inactifs de l'eau bouillie froide et en les immergeant
« lentement dans l'eau de mer naturelle, on ne tarde pas à voir
« reparaitre le dégagement depuis longtemps suspendu.

« On peut ajouter qu'il n'y a pas ici de phénomène cellu-
« laire, car le dégagement gazeux s'effectue au soleil dans
« l'eau contenant de fortes proportions de formol (jusqu'à
« 25 pour 100 de la solution du commerce). Je ne vois d'autre
« moyen d'expliquer ces phénomènes qu'en admettant que
« l'algue prend de l'oxygène dans le milieu ambiant et qu'elle
« le rejette au fur et à mesure sous l'influence de la lumière.
« Quand cette dernière n'agit pas; l'oxygène n'est pas rejeté;
« il sert à la respiration et aux phénomènes bioprotéoniques
« et c'est alors principalement de l'acide carbonique qui est
« éliminé; ordinairement, il y a un enchevêtrement plus ou
« moins accentué de ces deux phénomènes¹ ».

Signalons encore ici la belle expérience faite par le profes-

¹ Raphaël Dubois, *la Vie et la Lumière*, p. 198-199.

seur Dubois sur ce sujet et présentée en 1908 par Lippmann, à l'Académie des Sciences¹.

En plongeant des tubes à essais ordinaires contenant des solutions colorées différemment dans l'eau de mer, on voit après une exposition au soleil de quarante-cinq minutes à une heure quelquefois plus tôt, se déposer des bulles gazeuses sur la paroi externe des tubes, où elles restent pendant longtemps fortement adhérentes. Le phénomène se produit aussi dans l'eau douce, mais ce qui frappe, c'est que les tubes renfermant des solutions vertes se couvrent de fines bulles gazeuses plus vite et en beaucoup plus grande abondance que les autres.

Sur la paroi externe et même sur la paroi interne des tubes verts, les bulles étaient si nombreuses qu'elles se touchaient et qu'il en résultait un dégagement simulant celui qui se fait à la surface d'algues vertes plongées dans l'eau et exposées au soleil.

L'expérience a été disposée de la façon suivante, pour que les conditions de milieu soient identiques dans tous les récipients colorés diversement :

Dans une cuve de verre à faces parallèles remplie d'eau, on introduit des éprouvettes renfermant des solutions colorées. Ces éprouvettes sont semblables et placées à des distances égales dans l'ordre suivant, de gauche à droite : rouge, jaune, vert, bleu.

Dans une première expérience, la substance verte était de la chlorophylle d'algue marine, en dissolution dans l'alcool. Dans une deuxième expérience on a employé une solution de chlorure de nickel, et enfin dans une troisième, une solution de vert Lumière.

Le contenu des autres tubes était coloré par la coccine,

¹ Raphaël Dubois, Influence de la lumière sur le dégagement et l'orientation des molécules gazeuses en dissolution (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1908, note présentée par Lippmann).

l'orange et le carmin d'indigo, le bleu de méthylène, le violet gentiane, etc., en solution dans l'eau.

La paroi antérieure de la cuve était exposée de manière que les tubes fussent tous frappés directement par la lumière solaire traversant l'eau dans laquelle ils baignent, jusqu'à leur partie supérieure.

Pendant les expériences, la température de la cuve s'est élevée de 10° à 18 degrés en moyenne.

Dans les expériences, les bulles appliquées sur la paroi du tube vert sont infiniment plus nombreuses que celles qui se trouvent sur le tube voisin, renfermant du jaune ; en outre, la position occupée n'est pas la même : à la surface de l'éprouvette rouge, on ne distingue que deux bulles ; sur la bleue, il y en avait davantage que sur la rouge et la jaune, mais elles étaient disséminées sur toute la surface et avaient un diamètre plus grand.

Il s'est bien déposé quelques bulles sur la paroi de la cuve, à faces parallèles, mais elles étaient relativement rares et disséminées sans ordre.

Etant donnée la composition du gaz dissous dans l'eau, les bulles gazeuses ainsi dégagées sont forcément très riches en oxygène.

On peut se demander après ces très remarquables recherches si l'expérience classique destinée à montrer l'assimilation chlorophyllienne n'est pas entachée d'erreurs.

Rappelons brièvement l'expérience :

On place une plante verte aquatique dans de l'eau additionnée d'un peu de gaz carbonique. Sur ces feuilles on place un entonnoir de verre et sur cet entonnoir on dispose une éprouvette remplie d'eau.

Si l'on expose le tout au soleil, on voit des bulles de gaz se détacher des feuilles et se rassembler au sommet de l'éprouvette. On constate alors que ce gaz est de l'oxygène et d'autre part que l'eau contient moins de gaz carbonique. Or, cette expérience ne prouve rien, car si la diminution de gaz carbo-

nique peut être expliquée par une absorption de celui-ci par la plante, le dégagement d'oxygène peut être expliqué en grande partie par un phénomène analogue à celui observé par le professeur Dubois dans ses belles recherches¹.

En dehors de la production d'énergie assimilatrice, les radiations lumineuses ont encore une action mécanique qui influe sur les mouvements des végétaux.

Ces mouvements ont été répartis par le professeur Dubois dans les groupes suivants :

1^o Déplacements cytoplasmiques à l'intérieur des cellules à membrane rigide;

2^o Déplacements du corps de la plante chez des organismes uni-ou pluri-cellulaires;

3^o Déplacements temporaires, alternatifs, périodiques des organes végétaux;

4^o Mouvements liés à une modification de la croissance pouvant provoquer une déformation durable de la plante normale.

Les mouvements intracellulaires consistant en déplacements intracellulaires des chlorovacuolides et des chloroleucites ont été étudiés par Prillieux², Strasburger³, Rose⁴ et

¹ On pourrait se demander si le corps humain plongé dans l'eau et exposé au soleil ne serait pas le siège d'un phénomène analogue.

Sur les conseils de M. le professeur Dubois, nous avons entrepris quelques expériences sur ce sujet. Nous avons expérimenté : 1^o sur une poupée en caoutchouc; là le phénomène a été très net; 2^o sur un jeune enfant de six mois. Dans cette dernière expérience nous avons vu des bulles gazeuses se déposer à la surface de la peau, mais le phénomène n'a pas été suffisamment net (probablement à cause des mouvements de l'enfant) pour permettre d'en tirer toutes les conclusions désirables. Il y aurait là de belles recherches à faire concernant l'action de la lumière sur la balnéation.

² Prillieux, Sur les mouvements des grains de chlorophylle sous l'influence de la lumière (*C. R. de l'Ac. des Sc.*, t. LXX, p. 46).

³ Strasburger, *Wirkung des lichtes und des Wärme auf. Schwärmoporen*, 1878.

⁴ Roze (E.), Sur les mouvements des grains de chlorophylle dans les cellules végétales sous l'influence de la lumière (*C. R. de l'Ac. des Sciences*, t. LXX, p. 133).

surtout Oltmann¹. Cet auteur a montré chez une algue de la famille des conjuguées, le mésocarpus, que chaque cellule de cette plante renferme un corpuscule chlorophyllien aplati, qui, si la lumière est faible, se dispose perpendiculairement aux rayons incidents, mais qui, sous l'action des radiations intenses, se déplace pour venir se disposer parallèlement à leur direction.

Comme exemple de déplacement du corps entier de la plante sous l'influence de la lumière, on peut citer le *Fuligo septica*, un myxomycète qui élève son plasmode vers la lumière lorsque celle-ci est de faible intensité et, au contraire, l'enfonce dans la tannée lorsqu'elle est intense : Le *Closterium moniliferum* oriente son axe du côté de la lumière incidente. Enfin, Chodat² a pu trier un mélange de *Gonium* et de *Panderina* en exposant à la lumière un vase assez large les contenant : une lumière forte attire les uns et repousse les autres.

Les mouvements provoqués par lumière dans les organes adultes des plantes sont très nombreux ; déjà, en 1567, Garcias de Horto avait indiqué que la lumière devait être la cause de certains mouvements des feuilles et des fleurs. Linné établit cette opinion sur des bases solides.

De Candolle³ et Hofmeister⁴ par l'étude de ces mouvements dits nyctitropiques, ont permis de dresser un tableau horaire — « l'Horloge de Flore » — d'après l'heure moyenne à laquelle ils se manifestent.

Tout le monde connaît les positions de veille et de sommeil des sentitives ; ces positions persistent pendant quelque temps après la suppression des alternances de jour et de nuit en vertu d'une sorte de mémoire automatique.

¹ Oltmann, *Ueber die photometrischen Bewegung der Pflanzen*, Flora, 1897.

² Robert Chodat, *Principes de botanique*, p. 431, Genève, 1911.

³ Decandolle, Expériences relatives à l'influence de la lumière sur quelques végétaux (*Mém. des sav. étrang.*, 1806).

⁴ Hofmeister, *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, 1867.

Il y a là un phénomène qu'il faut rapprocher de celui que le professeur Raphaël Dubois a décrit sous le nom de mémoire médullaire¹. Cet auteur a également montré² que l'on pouvait provoquer la position de sommeil chez la sensitive, l'oxalis, en les plaçant même en pleine lumière, dans une atmosphère d'acide carbonique.

On ne saurait invoquer ici l'asphyxie, car chez des végétaux témoins placés dans l'hydrogène pur on n'observe rien de semblable.

Dans l'air atmosphérique la proportion d'acide carbonique est environ 3 pour 1.000.

Lorsqu'on augmente la proportion d'acide carbonique, l'assimilation gagne en intensité jusqu'à une certaine limite qui est l'optimum de pression.

Pour la plupart des espèces étudiées, la proportion optimum est de 10 p. 100 ; au delà de 10 pour 100, l'assimilation chlorophyllienne faiblit, elle s'annule dans ce gaz lorsqu'il est employé pur à la pression d'une atmosphère.

L'acide carbonique agit donc encore ici comme les anesthésiques généraux.

Pendant ce temps la respiration continue, mais l'acide carbonique qui se forme n'est plus éliminé.

Le même phénomène se produit chez les végétaux nyctitropiques quand la nuit arrive. La fonction chlorophyllienne, c'est-à-dire la destruction de l'acide carbonique n'a plus lieu, et en même temps non seulement la respiration continue, mais elle est encore accrue par la suppression de la propriété inhibante bien connue de la lumière sur la respiration. Il y a donc forcément accumulation d'acide carbonique dans le végétal.

¹ Raphaël Dubois, Persistance des troubles moteurs d'origine cérébrale après l'ablation de la tête chez le canard (*Compt. rend. Soc. Biol.*, 58, III, p. 19, 1886).

² Raphaël Dubois, Action de l'acide carbonique sur la sensitive (*Ann. de la Soc. Linn. de Lyon*, 1898), et Autonarcose carbonique chez les végétaux (*Compt. rend. Soc. Biol.*, LIII, p. 956, 1901).

Nous retrouvons donc chez les végétaux nyctitropiques les mêmes causes de sommeil que chez les animaux, accumulation de l'acide carbonique dans les tissus accompagnant leur anhydrisation.

Il importe de faire remarquer ici que c'est grâce aux remarquables recherches du professeur Raphaël Dubois sur la thermogenèse¹ chez les animaux hibernants, qu'on est arrivé à considérer l'acide carbonique non plus comme un simple déchet excrémentitiel, mais comme un véritable agent auto-régulateur des êtres vivants.

Pour ce qui est des mouvements des êtres vivants liés à une modification de la croissance, Wiesner² a montré que la lumière agissait en provoquant un retard de la croissance et que ce retard était maximum avec les radiations bleues, minimum avec les jaunes. La tige d'une graminée, par exemple, acquiert dans l'obscurité absolue, une longueur beaucoup plus considérable qu'en plein soleil, ce qui tient au développement exagéré des cellules déjà formées et non à leur multiplication. Il faut enfin signaler ici les recherches de Marcel Cordier sur la germination à la lumière et à l'obscurité³.

*
* *

L'action de la lumière sur les animaux est indiscutable, mais son étude présente des difficultés spéciales résultant de la complexité de l'organisme animal.

W. Edwards fit une série de recherches concernant l'action de l'obscurité sur le développement et les métamorphoses des têtards de grenouilles. Il montra que ceux-ci ne se développent pas à l'obscurité, mais seulement à la lumière du jour.

¹ Raphaël Dubois, Etude sur la thermogenèse et le sommeil. Physiologie comparée de la marmotte (*Ann. Univ. de Lyon*).

² Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen in Pflanzenreiche (*Deutsche Schrift der k. Akademie der Wissenschaften, t. z. Wien* (1 teil 1872, 11 teil 1880).

³ Marcel Cordier, *Travaux scientifiques*, Lyon, 1903.

Béclard¹, expérimentant sur des animaux, en étudiant l'action de la lumière sur leur développement, montra que la nutrition et le développement des animaux qui n'ont ni poumons ni branchies et qui respirent par la peau, paraissent éprouver, sous l'influence des divers rayons colorés du spectre, des modifications très remarquables. Des œufs de mouches (*Musca carnaria* Linn), pris dans un même groupe et placés en même temps sous les cloches diversement colorées donnent naissance à des vers; mais, si au bout de quatre ou cinq jours on compare les vers éclos sous les cloches, on remarque que leur développement est très différent.

Les vers les plus développés correspondent aux rayons violets et aux rayons bleus; les vers les moins développés aux rayons verts. Entre les vers développés dans les rayons violets et ceux développés dans les rayons verts, il y a une différence de plus du triple quant à la longueur et à la grosseur.

Yung² expérimentant sur des œufs de grenouilles, puis sur des œufs de poissons (*Lotigo, vulgaris, sepia*) remarqua que l'action des différentes radiations sur le développement de l'embryon, maxima pour les violettes, décroissait jusqu'au vert où elle est minima.

Reprenant cette question en 1901, Leredde et Pautrier³ se sont adressés aux têtards de *Rana temporaria*, pêchés le même jour et d'égale développement, et dont ils firent trois lots : ils placèrent le premier lot dans un aquarium de verre rouge, le second dans un aquarium de verre bleu, le troisième dans un aquarium de verre blanc. Le résultat fut qu'au bout d'un mois les têtards élevés dans la lumière rouge et blanche

¹ Béclard, Note relative à l'influence de la lumière sur les animaux (*Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*, 1^{er} mars 1858).

² Yung, De l'influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux (*Archives de Zoologie expérimentale*, 1873).

³ Leredde et Pautrier, De l'influence des radiations de longueur d'ondes différentes sur le développement des batraciens (*Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, 1901, t. LIII, p. 1159).

étaient tous encore à l'état de têtards avec leur membrane caudale et leur respiration branchiale, tandis que ceux élevés dans les aquariums bleus et violets avaient perdu leur membrane et étaient complètement adaptés à la vie terrestre comme de véritables grenouilles.

Emile Yung¹, opérant sur les têtards placés dans des vases colorés les laissa mourir de faim.

Les premiers qui périrent furent ceux soumis à la lumière violette. Des recherches semblables ont été faites par Bidder et Schmitt sur le chat, ainsi que par Fubini sur les grenouilles; ces auteurs ont abouti à des résultats analogues.

Dans son étude sur l'action de la lumière sur la ponte de *Gogionemus*, Murbach² a constaté que l'on peut contraindre cette méduse à pondre, à n'importe quelle heure du jour, en la plaçant à l'obscurité pendant une heure.

On doit à Borissoff³ une série de recherches concernant l'action de l'obscurité sur la nutrition.

Il prit six jeunes lapins à peu près du même poids, et les mit huit jours dans les mêmes conditions d'expérience (alimentation, aération, éclairage, etc.); au bout de ce temps, il les repesa et mit dans une cage obscure les trois lapins qui avaient le plus augmenté de poids, et dans une cage claire les trois autres, c'est-à-dire ceux dont l'augmentation de poids avait été le moins accusée. Les autres conditions de l'expérience étant restées les mêmes. Les pesées régulières faites pendant trois semaines ont alors montré ceci :

Les lapins mis dans la cage obscure ont tout d'abord (pendant les premiers huit jours), présenté une augmentation de poids plus grande que celle des lapins restés à la lumière, mais, dans le courant des quinze jours suivants, les lapins éclairés arrivent au poids des premiers et finalement le

¹ Yung, Action de la lumière sur la nutrition animale (*Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*, t. LXXXVII).

² Murbach, *Année biologique*, 1909.

³ Romme, Principes de photothérapie (*Presse médicale*, 21 septembre 1901).

dépassent; en effet, à la fin de l'expérience, l'augmentation des lapins gardés dans l'obscurité, était de 157 grammes en moyenne, tandis que pour les lapins éclairés, elle était de 252 grammes.

Citons enfin les curieuses expériences de Poey¹ et du général Pleasanton² qui prétendent avoir fait engraisser rapidement des porcs et des taureaux dans des étables éclairées par la lumière violette.

Plusieurs expérimentateurs se sont proposé de comparer le rapport des quantités différentes de CO² que dégagent les animaux, suivant qu'ils sont placés à la lumière ou à l'obscurité.

Moleschott³ imagina de noter la quantité d'acide carbonique émise par deux lots de grenouilles placées les unes à la lumière, les autres à l'obscurité à une température rigoureusement identique.

Il trouva que, chez les premières, la quantité d'acide carbonique émise était d'un quart plus abondante par unité de poids du corps de l'animal.

Selmi et Piacentini⁴ confirmèrent les expériences précédentes en opérant sur des pigeons, des poulets, des chiens.

Béclard⁵, étudiant l'action des différentes radiations lumineuses sur les animaux, fit une longue série d'expériences sur les oiseaux, et montra que la quantité d'acide carbonique formée par la respiration, en un temps donné, n'est pas sensiblement modifiée par les diverses radiations lumineuses : il en

¹ Poey, Influence de la lumière violette sur la croissance de la ciguë, des cochons, des taureaux (*Comptes rendu de l'Ac. des Sciences*, t. LXXIII, p. 1236).

² Pleasanton, *The influence of the blue Ray on the Sunlight*, Philadelphia, 1877.

³ Moleschott, Recherches sur l'action de la lumière (*Wiener medezin Woch.*, 1855, p. 43).

Selmi et Piacentini, Recherches sur l'action de la lumière (*Instit. Lomb. di scienze e lettere*, 1870, p. 57 à 63).

⁵ Béclard (J), Influence de la lumière sur les animaux (*Comptes rendus de l'Ac. des Sc.*, 1^{er} mars 1858).

est de même pour les petits mammifères, tels que les souris ; par contre, l'émission d'acide carbonique est plus intense à la lumière qu'à l'obscurité.

Pott vit que, chez la grenouille, la quantité de vapeur d'eau émise varie de 1 à 3, quand on passe de l'obscurité à la lumière.

Comme on pourrait soutenir que ces effets étaient provoqués par des sensations lumineuses transmises au système nerveux au moyen des yeux, Moleschott¹ détruisit les yeux de ses grenouilles à la pierre infernale ; il constata alors que les yeux avaient une notable influence sur l'émission de l'acide carbonique, mais que l'action de la lumière sur la peau avait un rôle plus important encore.

Dans le premier cas, les quantités d'acide carbonique exhalées furent comme 125 (grenouilles intactes à la lumière) et 100 (grenouilles intactes à l'obscurité) ; dans le second cas, comme 115 (grenouilles aveugles à la lumière) et 100 (grenouilles intactes à l'obscurité).

Fubini², à la suite de soixante-quatorze expériences faites sur des grenouilles privées de poumons, trouva que le rapport d'acide carbonique émis à la lumière et à l'obscurité est comme 134 à 100 ; il publia, en 1891, des expériences de divers auteurs, d'après lesquels l'exhalation de l'acide carbonique par les voies respiratoires serait augmentée à la lumière, même chez les animaux placés dans le sommeil hibernant (loirs, muscardins, chauves-souris).

Il ne faut pas déduire de ces faits que la lumière ait une action directe sur les oxydations élémentaires. Le professeur Dubois a en effet montré que toutes les conditions qui favorisent le sommeil, et par conséquent l'obscurité, diminuent les combustions ; c'est ainsi que le sommeil des hibernants, dans

¹ Moleschott, Recherches sur l'action de la lumière (*Wiener medizin. Woch.*, 1855, n° 43).

² Fubini, *Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*, 1876.

les endroits éclairés est plus léger et, alors, les mouvements respiratoires et ceux du cœur sont accrus. Il n'est donc pas surprenant que l'élimination de l'acide carbonique augmente.

Les photoréactions nerveuses jouent, chez les organismes normaux un rôle bien difficile à séparer de l'action directe de la lumière sur les tissus, et, comme l'a très judicieusement fait remarquer M. le professeur Dubois, « l'on n'a pas tenu
« assez compte, à tort, de l'augmentation de l'acide carbo-
« nique dans les tissus, qui se fait simultanément avec celle
« des oxydations. Or, précisément l'acide carbonique est un
« des agents les plus propres à renverser le sens des phototro-
« pismes et, par conséquent, des photoréactions; c'est
« d'ailleurs le plus admirable des autorégulateurs pour toutes
« les fonctions de l'organisme. Les oxydations s'exagèrent-
« elles? Parallèlement, il se produit de l'acide carbonique
« intervenant aussitôt par son pouvoir hypothermique; ce
« pouvoir est si grand que ce gaz peut, par son accumulation
« dans le sang de la marmotte, faire tomber la température de
« plus de 30 degrés. Il en est de même d'ailleurs quand on
« l'administre par inhalation mélangé à l'oxygène dans des
« proportions convenables. Son pouvoir hypnotique et même
« anesthésique est bien connu, et il n'est pas surprenant que
« des animaux trop éclairés, chez lesquels les combustions
« sont exagérées d'abord, seaturent d'acide carbonique et se
« trouvent à un moment donné dans le même cas que si on
« avait augmenté l'acide carbonique du milieu ambiant, ce
« qui les aurait de même rendus négativement phototro-
« piques, ils sont ainsi, par un mécanisme interne, poussés
« vers les régions les plus favorables au repos, au sommeil,
« vers l'obscurité. Après le réveil, le quotient $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$ diminue
« et quand la quantité d'oxygène est redevenue proportion-
« nellement plus grande et suffisante, les oxydations recom-
« mencent à augmenter; la vie active s'ensuit avec le retour
« à la lumière ainsi de suite. De cette façon s'expliquent

« logiquement l'enchaînement des phénomènes de périodicité
« de la veille et du sommeil et leur coïncidence avec celle du
« jour et de la nuit¹. »

Ce sont les remarquables expériences du professeur Dubois² sur les protées aveugles des grottes de la Carniole, qui ont permis de démontrer expérimentalement, d'une manière évidente et non discutable, l'action de la lumière sur la circulation capillaire.

Si l'on observe un protée aveugle placé dans un endroit sombre, on constate que ses houppes branchiales sont flasques, flétries, blanchâtres ; mais dès que l'on fait tomber sur elles un rayon de vive lumière, elles deviennent aussitôt turgescentes et d'un rouge vif. La turgescence des branchies ne se produit pas dans la lumière rouge. Cette couleur paraît plutôt avoir un effet dépressif ou constrictif anémiant.

Le protée recherche l'obscurité ou à son défaut, la lumière rouge ; il ne craint pas le vert, mais fuit avec énergie les radiations bleues, probablement à cause de leur action chimique. Le rouge, qui ne provoque pas la turgescence des vaisseaux capillaires du protée ne détermine pas non plus la production de pigment cutané, qui colore la peau, normalement d'un blanc rosé, de cet animal, en brun, quand il reste exposé à la lumière ordinaire.

Oerum, étudiant l'action comparative de la lumière et de l'obscurité sur le sang, montre que, dans l'obscurité, chez le lapin, la quantité de sang diminue de 3 pour 100 environ. Le chiffre de l'hémoglobine totale s'abaisse aussi. La lumière

¹ Raphaël Dubois, *la Vie et la Lumière*, p. 280 à 281. Voir aussi : Contribution à l'étude de la thermogénèse et du sommeil. Physiologie comparée de la marmotte (*Ann. de l'Univ. de Lyon*, 1896).

² Raphaël Dubois, Sur les perceptions des radiations lumineuses par la peau des protées aveugles des grottes de la Carniole (*C. R. Ac. des Sc.*, 17 février 1890).

Quelques faits relatifs à l'action de la lumière sur le protée des grottes de la Carniole (*Linn.*, XXXIX, 1892).

rouge agit comme l'obscurité; au contraire, la lumière bleue peut accroître en quatre heures la quantité de sang de 25 pour 100; son action décroît ensuite mais reste supérieure à celle du jour diffus.

Marty et Meyer¹ ont montré que chez le rat, un séjour de deux semaines dans l'obscurité complète diminue notablement le nombre des globules sanguins, tandis que leur nombre s'accroît sous l'influence de la lumière. Borissoff n'a pu vérifier ces derniers résultats.

La lumière est encore un agent d'excitabilité capable de provoquer des mouvements qui correspondent aux phénomènes phototactiques observés chez les unicellulaires.

Déjà, en 1847, Brown-Séquard², par ses recherches sur l'action de la lumière sur l'iris dans les cinq classes des vertébrés, avait eu le mérite de donner une des preuves les plus éclatantes de l'action excitante de l'agent lumineux.

Gruber³, en 1882, prenant des animaux privés d'yeux pour supprimer les mouvements réflexes de la vision, démontra que les lombrics entiers ou décapités, les salamandres aveugles, présentaient une certaine sensibilité cutanée, une irritabilité photodermique qui leur permettait de distinguer la lumière de l'obscurité et même les couleurs : ils fuyaient le blanc, le bleu, l'indigo, pour rechercher les rayons rouges.

Le professeur Dubois a confirmé ces expériences par ses belles recherches sur le protée⁴.

Chez le *Proteus anguinus*, les yeux sont très peu développés, cachés sous la peau, et ne présentent aucun appareil de réfraction. La vision est très imparfaite chez ces animaux

¹ Meyer (C. F.), *Ueber den Einfluss des Lichtes in höhenklime auf die Zusammensetzung des Blutes* (thèse de Bâle, 1900).

² Brown-Séquard, *Comptes rendus Ac. Sc.* 1847, vol XXV.

³ Gruber, *Wiener Sitzunzeberichte maltem, natur. Classe*, 1883, Bd. 87.

⁴ Raphaël Dubois, Sur les perceptions des radiations lumineuses par la peau des protées aveugles des grottes de la Carniole (*Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*, 17 février 1890).

qui se heurtent à tous les obstacles placés sur leur passage. Pourtant, ils sont sensibles à la lumière et, plusieurs observateurs ont noté qu'ils présentaient une photophobie très accusée.

Lorsque les protées sont laissés en repos dans l'obscurité, ils restent parfois longtemps dans une immobilité complète ; mais quand un rayon lumineux vient à frapper leur tégument ils se mettent en mouvement pour échapper à cette excitation qui paraît les incommoder.

Entre le moment de l'excitation lumineuse et la réaction motrice qu'elle provoque et qui est très caractéristique, il s'écoule un certain temps qui constitue la période latente de réaction.

La durée de cette période est assez fixe : on peut s'en assurer facilement en plaçant un protée dans un cristalliseur entouré d'un papier noir et posé sur une table à l'abri des ébranlements du sol. Au-dessus du cristalliseur, où l'eau se renouvelle constamment, on place une glace inclinée de 45 degrés et, en face de cette glace, une lampe à gaz à régulateur ; au moyen d'un obturateur, on peut projeter subitement un rayon lumineux d'intensité constante, qui, réfléchi par la glace, tombera normalement sur le tégument dorsal du protée immobile au fond du cristalliseur. On peut également placer devant l'ouverture de la lanterne des verres colorés ou des cuves à faces parallèles renfermant des solutions athermanes ou colorées.

Dans quarante-trois expériences, séparées par un quart d'heure de repos, la durée de la période latente de réaction a été en moyenne de onze secondes.

Dans deux expériences seulement, la durée a excédé une minute, et dans quatre autres une demi-minute.

Quel est le siège de cette sensation nettement accusée par une réaction motrice ? Si l'on promène un fin pinceau de lumière, obtenu au moyen d'un photophone électrique, sur le corps d'un protée, on constate que les divers points du

tégument sont sensibles et plus particulièrement les régions de la queue et de la tête. La peau serait donc le siège d'une sensation lumineuse capable d'être perçue.

Pour s'en assurer, il suffit de masquer les yeux rudimentaires du protée au moyen d'un épais enduit de gélatine et de noir de fumée, le seul qui adhère à la peau visqueuse de l'animal.

Dans trente expériences sur le protée ainsi privé de l'usage de ses yeux embryonnaires, la réaction a fait défaut trois fois seulement, et, dans vingt-sept passages de l'obscurité à la lumière, elle s'est montrée en moyenne au bout de vingt-quatre secondes, c'est-à-dire au bout d'un temps très court, double cependant de celui qui a été trouvé pour les animaux normaux. L'interposition d'une cuve à alun sur le trajet des radiations lumineuses ne modifie pas sensiblement les résultats obtenus par l'éclairage direct.

Donc le protée distingue la lumière de l'obscurité par les yeux et par la peau, mais la sensibilité dermatopique est deux fois moindre que la sensibilité oculaire.

Il importe de signaler ici la belle découverte faite en 1888 par le professeur Raphaël Dubois sur la pholade dactyle.

La pholade dactyle est un mollusque marin lamelibranche qui vit dans des trous; de l'entrebâillement de ses valves incomplètes, sort un long tube membraneux : le siphon; dans l'intérieur, se trouvent des organes lumineux et, à l'extérieur un revêtement lucitactile donnant des photoréactions motrices localisées ou généralisées, suivant les circonstances, sous l'influence des modifications de l'éclairage.

On considère ce mollusque comme privé d'yeux bien qu'il présente de petites papilles dont l'extrémité est fortement pigmentée et qui, par leur constitution, offrent une grande analogie avec les éléments neuro-épithéliaux des ocelles de *Dendiocaelum luteum* et d'*Euplanaria ganocephala*, mais avec cette différence que, chez ces vers, ils sont spécialisés exclusivement pour la vision, tandis que, chez la pholade ils

réagissent avec d'autres excitants, mécaniques, physiques, chimiques et physiologiques.

Si l'on touche avec une pointe d'aiguille un point quelconque du tégument du siphon, on remarque à l'endroit touché la formation d'une petite dépression qui s'agrandit par un phénomène d'irradiation irritative musculaire. Sous l'épithélium du tégument, se trouvent des petites fibres musculaires lisses, qui se continuent avec la terminaison basale des cellules épithéliales et viennent se rendre d'autre part, dans une couche neurodermique sous-jacente, riche en plastides ganglionnaires.

L'ensemble de ces trois segments constitue ce que le professeur Dubois a appelé le système avertisseur.

Si l'excitation tactile est plus puissante, la surface totale du siphon commence à se rétracter par la contraction de toutes les fibres superficielles.

Un fait qui est très remarquable c'est qu'un fin pinceau de lumière projeté sur le tégument du siphon produit un résultat absolument identique, ou du moins très analogue à toute autre excitation localisée; c'est cette constatation qui a permis au professeur Raphaël Dubois¹ de réaliser ses belles expériences.

Grâce à un ingénieux dispositif, le professeur Dubois a pu obtenir des courbes graphiques des photoréactions motrices superficielles ou réflexes de la pholade, permettant ainsi d'enregistrer ses sensations lumineuses, exactement comme si l'on enregistrerait des contractions des cônes et des bâtonnets sous l'influence de l'éclairement de la rétine, et les contractions réflexes du sphincter de l'iris qui lui succèdent.

La surface dermatopique du siphon de la pholade dactyle de l'Océan est plus sensible que celle de la pholade dactyle de

¹ Voir Raphaël Dubois, Anatomie et physiologie de la pholade dactyle (*Ann. Univ. Lyon*, II, 1892).

Action de la lumière sur les êtres vivants (*Traité phy. biol., de d'Arsonval, Chauveau, etc.*, II, 1903).

La Vie et la Lumière, Paris, Alcan, 1914.

la Méditerranée. Pour la première, il suffit d'une lampe placée à une distance de 30 centimètres en donnant un éclairage de 2 centimètres de seconde, pour obtenir un tracé. Avec une lampe de 10 bougies, placée à une distance de 60 centimètres, on obtient des tracés identiques en faisant des excitations d'une durée de deux secondes chacune à une heure d'intervalle. Mais si l'on éloigne de plus en plus la lampe, on voit peu à peu augmenter la durée de la période latente de contraction et diminuer l'amplitude des courbes. En plaçant alternativement la lampe à 100 centimètres et à 10 centimètres, on trouve que lorsque l'éclairage devient cent fois plus faible, l'amplitude de la courbe devient dix fois moindre, et la période latente environ deux fois plus longue.

En éloignant la lampe de plus en plus, jusqu'à ce que la lumière ne donne plus qu'une contraction imperceptible, on trouve que la lueur la plus faible encore capable de provoquer une sensation, est égale à un quatre-centième de bougie.

La pholade peut donc sentir de faibles clartés et apprécier avec une grande précision la valeur des intensités lumineuses tout comme l'œil humain. Si, maintenant, on fait tomber sur la pholade les différentes couleurs du spectre solaire, on provoquera également les contractions. Le moindre déplacement du prisme, lorsque, par exemple, la pholade dactyle est éclairée par les radiations vertes, suffira pour provoquer une contraction dans le jaune vert.

Donc, non seulement la pholade perçoit la lumière, mais encore elle voit les couleurs et distingue même les nuances. La contraction est très lente avec le rouge et le violet ; elle est lente avec le bleu et rapide avec le jaune et le vert. De sorte que si l'on range les excitants lumineux des diverses régions du spectre suivant la rapidité de la photoréaction motrice qu'ils provoquent, et selon la durée de la période latente qui la précède, on observe l'onde croissante suivante : violet, rouge, bleu, jaune, vert.

Il résulte de ces belles expériences que la notion d'intensité

est fonction pour un même individu de l'amplitude du mouvement du système avertisseur ou couche myodermique (mouvements exécutés dans notre œil par les cônes et les bâtonnets segments myoépithéliaux, qui, par l'amplitude de leur raccourcissement, nous renseignent sur l'intensité lumineuse) et que la sensation de couleur est déterminée surtout par la rapidité de ce mouvement (de même que dans l'audition la hauteur du son est fonction de la rapidité des vibrations sonores, et son intensité de l'amplitude de celles-ci).

La vision se trouve donc réduite à un phénomène tactile, les trémulations des fibres musculaires dermiques ébranlant les nerfs conducteurs et les éléments nerveux récepteurs, les faisant vibrer d'une manière spéciale avec chaque radiation lumineuse simple¹.

Finsen², poursuivant l'étude de la photomotricité, a entrepris une série d'expériences remarquables par leur rigueur scientifique, utilisant tour à tour la lumière solaire et la lumière monochromatique, il observa chez la larve de la grenouille et de la salamandre, la provocation de mouvements qui furent très nombreux avec les radiations bleues, très rares avec les radiations rouges, jaunes ou vertes. Des têtards élevés à la lumière rouge exécutèrent de rapides mouvements sous l'action de la lumière solaire, tandis que d'autres élevés à la lumière bleue n'éprouvèrent aucune excitation, ce qui montre qu'il y avait accoutumance pour ces derniers.

S'adressant ensuite à des animaux vivant dans l'obscurité ou à l'ombre : lombrics, perce-oreilles, cloportes, caraïbes, etc., qu'il disséminait dans des boîtes oblongues recouvertes d'une série de verres colorés, Finsen vit ces animaux photophobes se réfugiant tous sous la lumière rouge pour échapper aux rayons chimiques violets et bleus. L'action de ces derniers

¹ Raphaël Dubois, Nouvelle théorie du mécanisme des sensations lumineuses (*Rev. gén. des sc. p. et app.*, I, p. 198, Paris, 1890).

² Finsen, *la Photothérapie*, 1899.

était trop excitante pour la sensibilité particulière de ces êtres à la lumière.

Au contraire, les animaux vivant au soleil, tels que les papillons, recherchent de préférence l'influence motrice des vibrations chimiques, c'est ce que Finsen a montré par une autre expérience dans laquelle ces insectes se réunirent sous les rayons bleus et s'y agitèrent alors qu'ils gardaient le repos dans la zone rouge.

Dans ses belles recherches sur les élatérides lumineux, le professeur Raphaël Dubois¹ a montré que le pyrophore noctilique se dirigeait dans l'obscurité, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, selon qu'on masquait l'un ou l'autre de ses deux fanaux prothoraciques.

La marche n'était plus rectiligne, mais curviligne, à concavité tournée du côté de la lanterne non masquée.

John Lubbock², en 1883, vit les fourmis sur lesquelles il expérimentait se placer presque toutes dans la zone ultra-violette du spectre invisible pour nous. Le même auteur soutient que les abeilles auraient, pour les couleurs, un goût qui irait en croissant du rouge au bleu en passant par l'orange, le vert, le jaune et le blanc.

Il importe, dans toutes ces expériences, de considérer le milieu dans lequel vit habituellement l'animal mis en expérience; s'il vit sous terre ou évite la lumière, il se réfugiera dans la zone orangée et rouge du spectre dont l'action chimique est nulle et équivalente à l'obscurité; s'il affectionne le soleil, il n'est pas douteux qu'il ne se déplace vers le violet et l'ultra-violet autrement dit, suivant que l'animal est nyctalophile ou héméralophile, il se comportera différemment vis-à-vis des différentes couleurs. Mais, comme le font remarquer P. Bert et R. Dubois³, il est bon de ne pas prendre le terme de

¹ Raphaël Dubois, *les Elatérides lumineux*, Paris, 1886, p. 218.

² Lubbock, Action de la lumière sur les fourmis (*Ameisen, Bienen Wespen*, 1883).

³ Raphaël Dubois, Action de la lumière sur les animaux (*Physique biologique de d'Arsonval*, t. II, p. 272-294).

nyctalophile dans un sens trop absolu : les animaux vont tous vers la lumière, mais, pour certains, la lumière, doit être très faible, à peine une lueur crépusculaire, aussi est-ce à tort que l'on a voulu diviser les animaux en phototropiques positifs et phototropiques négatifs. C'est ce que montre très bien l'expérience suivante due au professeur Dubois¹ :

Si l'on place un oursin dans une cuve allongée remplie d'eau de mer, et à l'extrémité de laquelle se trouve une lampe à gaz à régulateur munie d'un capuchon à incandescence, l'animal s'éloigne d'abord de la source lumineuse, puis, au bout d'un certain temps, il s'arrête et revient vers elle. Il s'est produit ce que le professeur Dubois appelle une anticinèse constituée par des changements opérés dans l'intérieur de l'animal.

Le siège des photoréactions expérimentales principales provocables chez l'oursin, se trouve dans les ambulacres ; c'est ainsi que, lorsque l'animal se déplace, on voit une partie de ses ambulacres se diriger en avant et se déplacer comme le bras d'une personne qui marche à tâtons, tandis qu'une autre partie, les plus inférieures, se fixe au sol par les ventouses terminales. Quand ils ont pris un appui solide, ils se rétractent, attirant l'oursin pendant que d'autres vont prendre un point d'appui plus en avant.

Si l'on projette un faisceau de lumière vive directement sur les ambulacres, ils se rétractent du côté éclairé, tandis que ceux du côté de l'ombre s'allongent et l'oursin se met à marcher en sens contraire en fuyant la lumière.

Parmi les causes qui peuvent changer les réactions motrices, il faut encore signaler, outre l'intensité de la source lumineuse, des causes d'ordre interne, telle par exemple que la croissance. Un exemple de ce dernier fait peut être signalé chez les pucerons verts qui ne sont positivement phototropiques que lorsqu'ils sont ailés.

¹ Raphaël Dubois, *la Vie et la lumière*, Paris, Alcan, 1914, p. 234 à 236.

La lumière a une part importante dans la production du pigment. Il faut remarquer d'abord que les animaux à pelage tacheté ont toujours la face dorsale, c'est à-dire la partie exposée aux rayons solaires, plus foncée que le reste du corps, de même dans les régions polaires la robe de beaucoup d'animaux est foncée en été, claire en hiver.

Viré¹ a étudié la disparition et la régénération du pigment chez les animaux souterrains. Les *Gammarus puteanus* présentent à la lumière une couleur vert-grisâtre bien nette et se décolorent complètement après vingt mois de séjour dans les catacombes; inversement, le *Hiphargus puteanus*, autre espèce cavernicole, de couleur blanche, devient vert brun au bout de quelques mois d'exposition à la lumière.

D'après Bohn², il semblerait même que, dans bien des cas, la constitution moléculaire du pigment puisse être remaniée directement par les ondes lumineuses des diverses longueurs. Cependant, selon les remarques de Bohn, il ne faudrait pas faire de la lumière l'agent direct de la pigmentation, car d'autres facteurs peuvent intervenir : conditions chimiques, influence de l'oxygène, des réducteurs, les acides, les bases, les intoxications. Le caméléon nous offre un exemple remarquable du rôle de défense que joue le pigment contre l'action excitante des radiations lumineuses.

Les chromatophores de l'animal, grosses cellules pigmentées, très mobiles, situées dans l'épaisseur du tégument, en occupent à l'obscurité les couches profondes; le reptile est alors de couleur grise, mais si l'on fait agir une vive lumière, aussitôt les chromatophores se portent à la surface et donnent à la peau une couleur noirâtre.

C'est surtout aux travaux de Paul Bert³ que l'on doit de

¹ Viré, thèse de Paris, 1900.

² Bohn, *l'Evolution du pigment*.

³ Paul Bert, Influence de la lumière sur les êtres vivants (*Revue scientifique*, 1878, p. 987).

Raphaël Dubois, *la Vie et la Lumière*, p. 250 à 251.

connaître exactement le mécanisme de cette fonction du tégument chez le caméléon. Chez cet animal, la vision a une influence évidente sur la peau, car, si on lui enlève un œil, le côté correspondant du corps ne change presque plus de couleur, et, en tout cas, conserve une nuance beaucoup plus claire que celle du côté opposé. L'ablation du second œil rétablit l'équilibre.

Lorsqu'il est exposé au soleil, le caméléon prend un ton foncé dû à une action directe des radiations lumineuses, car ce phénomène a lieu pendant le sommeil, l'insensibilisation chloroformique et même après la mort. Paul Bert l'a mis en évidence par l'expérience suivante :

Il plaça avec précaution une sorte de selle en papier découpé sur le dos de l'animal pendant qu'il dormait dans l'obscurité et avait cette coloration jaune grisâtre qui lui est habituelle dans cette circonstance. Puis il éclaira l'animal sans le réveiller, très rapidement la peau devint brun foncé; il enleva alors le papier protecteur et vit que tandis que l'animal était devenu brun foncé sous l'action des radiations lumineuses, les parties sous-jacentes avaient gardé leur premier aspect.

Cette hyperpigmentation de la peau du caméléon est due à l'action des radiations bleues et violettes, le jaune et le rouge étant inactifs.

En éclairant la moitié du corps avec un verre rouge et l'autre moitié avec un verre bleu, Paul Bert vit l'animal devenir aussitôt noirâtre sous le verre bleu, tandis qu'il resta longtemps blanchâtre sous le verre rouge.

Les changements de coloration de la peau peuvent être produits chez le caméléon : 1° par la volonté de l'animal; 2° par une action réflexe; 3° par une excitation lumineuse directe.

Ils sont dus soit aux déplacements des chromatophores, soit encore à leur changement de forme et aussi aux déplacements des corpuscules pigmentaires dans les cellules tégumentaires.

Quelques poissons, tel que le turbot¹, présentent un phénomène semblable.

Chez les céphalopodes², on distingue trois sortes de mouvements des chromatophores : 1° des mouvements de trémulation constitués par de petites secousses à peine visibles, analogues à une série de secousses musculaires insuffisamment fusionnées pour produire un tétanos : elles seraient placées sous l'influence du système nerveux ; 2° des mouvements d'ondulation pouvant persister après la mort ; 3° des mouvements fonctionnels (volontaires, réflexes ou par excitation directe), consistant en expansions et rétractions des chromatophores, soit par un mécanisme amœboïde, soit par contraction et relâchement des fibres musculaires des chromatophores composés.

Schmidh a établi l'existence d'une oxydase dans la peau du cobaye et du lapin et c'est à elle que seraient dus les principes générateurs de la mélanine.

Grâce au professeur Dubois, le mécanisme interne de la formation d'un pigment sous l'influence de la lumière a pu être réduit à un phénomène physicochimique *in vitro*. C'est, en effet, à cet auteur³ que l'on doit l'étude de la formation de la pourpre chez le *Murex brandaris*.

Dans une série de remarquables recherches, le professeur Dubois a démontré que la glande à pourpre du *Murex brandaris* contient une zymase, qu'il a pu isoler et à laquelle il a donné le nom de purpurase.

En agissant *in vitro* sur une seconde substance sécrétée par cette même glande et à laquelle le professeur Dubois a donné

¹ Pouchet, *Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*, 1871.

² Raphaël Dubois, *Physique biologique de d'Arsonval*, t. II.

La Vie et la Lumière, Paris, Alcan, 1914, p. 251 à 253.

³ Raphaël Dubois, Sur le mécanisme intime de la formation de la pourpre chez *Murex brandaris* (*C. R. Soc. Biol.*, LIX, p. 82, 1902).

Sur la physiologie comparée de l'organe purpurigène de *Murex trunculus* et de *Murex brandaris* (*ibid.*, p. 657, 1902).

le nom de purpurine, il se forme un chromogène vert qui, sous l'influence de la lumière, se transforme en pigment pourpre, c'est-à-dire en cette matière colorante dont les anciens teignaient les étoffes destinées exclusivement aux empereurs et aux hauts fonctionnaires. La purpurase a été rangée parmi les macrozymases à cause de la grosseur relativement grande de ses grains.

Sous l'influence de l'hydratation, ces grains se gonflent et passent à l'état de vacuolide; au centre, apparaît une vacuole et dans l'intérieur de celle-ci des grains de pigment quand la purpurine y a pénétré.

Il est vraisemblable que toutes les zymases sont également vacuolides, mais à grains colloïdaux plus petits.

Ces vacuolides, qui ont été depuis longtemps décrites par le professeur Raphaël Dubois comme étant les éléments primordiaux actifs du bioprotéon, ont été depuis retrouvées par Altmann et Benda et nommées par ce dernier mitochondries; mais il convient de garder l'expression de vacuolide qui semble préférable, car ces corpuscules élémentaires sont essentiellement composés d'une vacuole centrale entourée d'une couche de substances plus dense.

Grâce à la séparation de la purpurase de la purpurine, le professeur Dubois a pu étudier, dans des conditions expérimentales d'une grande précision, l'action des diverses radiations sur la formation de la pourpre. Pour cela, le professeur Dubois a mélangé la purpurase et la purpurine; puis il a provoqué la réaction photochromatique dans des tubes à essai immergés dans des solutions monochromatiques.

Il a pu constater ainsi que, dans la lumière blanche, la couleur du mélange devient rapidement rouge; dans la lumière bleue, moins rapidement; dans la lumière verte, moins que dans la lumière bleue; dans la lumière violette, moins vite que dans les précédentes et plus tardivement encore dans la lumière rouge, tandis qu'elle ne se montre pas du tout dans le jaune.

Avec les solutions de purpurine du *Murex brandaris* et la purpurase le professeur Dubois a pu colorer des étoffes de laine, reproduisant ainsi le procédé de teinture par la pourpre en usage chez les anciens.

*
**

L'héliothérapie, c'est-à-dire l'utilisation des radiations solaires en thérapeutique, a beaucoup contribué à faire connaître leur action sur notre organisme. Aussi, depuis la fameuse thèse de Bertrand¹, parue en 1799, nombreux sont ceux qui ont abordé cette intéressante question. Il faut citer : en France, Arloing, Aimes, Duclaux, d'Arsonval, Charrin, Gaillard, Jousset, Roux, Lesieur, Becquerel, Capdevielle, Nogier, etc.; en Allemagne, Freund, Hammer, Krause, Büchner, Bie, Beck, Schultz, etc.; en Italie, De Santori, Bellini, Masella; en Russie, Chmelensky, Rilow; en Angleterre, Downes, Blunt, Jamieson, Tyndall, etc.; en Suisse, d'Espine, de Quervain, de Montmollin, Martin, Artauld, etc.

Un point important à souligner c'est que c'est à Lyon que revient le mérite d'avoir fait pénétrer l'étude de l'action des radiations lumineuses dans le domaine clinique grâce à Ollier et surtout à Poncet et ses élèves, notamment Revillet, Armand et Leriche.

Lorsque l'on étudie l'action comparative de la lumière et de l'obscurité chez l'homme, on peut envisager soit les effets locaux, soit l'action générale sur notre organisme.

Parmi les effets locaux dus à l'action des radiations lumineuses sur notre organisme, il faut signaler en tout premier lieu l'érythème solaire.

Celui-ci se constate surtout chez les habitants des villes, gens toujours confinés dans des appartements.

¹ Bertrand, *Essai, touchant l'influence de la lumière sur les êtres organisés, sur l'atmosphère et sur différents corps chimiques*, Paris, 1799.

La prédominance de l'érythème solaire au printemps serait due, d'après Chatin et Carle ¹, au fait que l'hiver a déshabitué notre peau à l'action du soleil et que l'atmosphère, plus pure au printemps, se laisse plus facilement traverser par les rayons chimiques.

La cause de l'érythème solaire est l'exposition plus ou moins prolongée des téguments de notre corps à la lumière du soleil, soit à la réverbération de cette lumière sur une nappe d'eau ou sur la neige.

L'érythème apparaît, en général, quelques heures après l'exposition au soleil, il se produit alors une coloration rosée de la peau, qui ne tarde pas à devenir rouge vif et à s'accompagner d'une cuisson extrêmement violente; à cette rougeur vient s'ajouter, dans la plupart des cas, une légère tuméfaction ainsi qu'une élévation de la température; cet état persiste quelques jours, puis la rougeur pâlit et une légère desquamation se produit; dans quelques cas, une pigmentation lui succède.

On a pu, dans les cas graves, observer une phlyctène. Dupuytren a même décrit de la gangrène.

Leredde et Pautrier ² ayant pratiqué une biopsie sur le dos d'un malade atteint d'érythème solaire, en ont décrit les lésions histologiques.

La pigmentation peut succéder à un érythème solaire lorsqu'il s'agit d'une personne peu habituée à demeurer au soleil, mais, dans l'immense majorité des cas, elle représente une forme chronique et se développe lentement chez ceux qui s'exposent journellement aux radiations lumineuses.

Les opinions des différents auteurs varient en ce qui concerne le rôle du pigment.

Unna et Finsen le considèrent comme un processus de défense, notre peau serait semblable à celle du caméléon dont

¹ Chatin et Carle, *Photothérapie*. La lumière agent biologique et thérapeutique (*Encycl. sc. des Aide-Mémoire*, Paris, Masson et C^{ie}).

² Leredde et Pautrier, *Photothérapie et photobiologie*, C. Maud, Paris, 1903.

les chromatophores viennent à la surface des téguments lorsqu'ils sont exposés à la lumière, tandis qu'ils deviennent plus profonds dans l'obscurité.

Finsen¹ fit une série d'expériences sur ce sujet.

Afin d'imiter la peau des nègres, il colora une partie de la peau de son avant-bras à l'encre de Chine, puis, pendant trois heures, il exposa la région ainsi colorée aux rayons du soleil.

La peau resta normale sous la zone colorée, tandis qu'un érythème s'était formé tout autour de cette région et fut suivie de l'apparition d'une pigmentation; ce résultat obtenu, Finsen exposa de nouveau son avant-bras à la lumière, mais, cette fois, sans le recouvrir d'aucun préservatif.

Le résultat fut le suivant : la région non pigmentée fut le siège d'un érythème identique au précédent, tandis que la zone environnante pigmentée voyait simplement sa pigmentation augmenter légèrement.

A cette opinion émise par Finsen, qui considère la pigmentation comme un processus de défense, Bohu² oppose une explication basée sur la théorie de Lamarck et considère la pigmentation comme un processus d'adaptation au milieu. D'après cet auteur, le pigment ne serait destiné qu'à ramener à une dose bienfaisante l'agent actif dont la trop grande abondance pourrait déterminer des troubles graves.

Signalons ici l'interprétation de Rollier et Rosselet³ : le rôle du pigment s'expliquerait par les propriétés destructives que possèdent les rayons ultra-violets, vis-à-vis de la substance vivante, propriétés qui entraînent, de la part de l'organisme sur lesquelles agissent, une réaction qui se manifeste précisément par la production du pigment.

¹ Finsen, De la photothérapie (*Presse méd.*, Paris, 1893). — *Institut photométrique subventionné par l'Etat danois et la Ville de Copenhague*, Paris, Maud, 1900).

² Bohn, *l'Evolution du pigment*.

³ Rollier et Rosselet, Sur le rôle du pigment épidermique et de la chlorophylle (*Bull. de la Soc. Vaudoise des Sc. natur.*, 1908).

Miramond de Laroquette¹, étudiant la formation du pigment sous l'action de la lumière, arrive à une conclusion toute différente.

Pour cet auteur, la pigmentation n'empêche pas l'irritation produite par les rayons chimiques et rien ne permet de reconnaître à la pigmentation le rôle d'agent protecteur contre le soleil.

Si la résistance de la peau au rayonnement chimique est plus grande quand elle est bronzée, cela serait dû, d'après Miramond de Laroquette, non pas à la pigmentation elle-même, mais à une accoutumance qui se serait établie peu à peu sous le soleil, rien ne permettant d'admettre entre ces deux phénomènes une relation de cause à effet.

Pour terminer, citons enfin l'opinion d'Aimes², basée sur les recherches de Dreyer.

Dreyer avait remarqué que lorsque l'on soumet un malade à l'action de radiations jaunes, celles-ci n'avaient aucun effet ; mais que par contre, elles en acquéraient si, au préalable, on prenait la précaution d'enduire la peau du malade avec diverses substances fluorescentes telles que l'éosine, l'érythro-sine, etc. En se basant sur ces faits, Dreyer admettait que ces substances avaient la propriété de transformer les rayons jaunes en rayons de plus grande longueur d'onde.

Cette théorie de Dreyer a été reprise par Aimes, qui attribue à la pigmentation un rôle analogue à celui joué par des substances fluorescentes vis-à-vis des radiations jaunes.

D'Oebsnitz a attiré l'attention sur une forme assez spéciale de la pigmentation, qu'il appelle pigmentation paradoxale.

Voici d'après Nevière³, en quoi consiste ce phénomène :

¹ Miramond de Laroquette, Sur l'érythème solaire et la pigmentation (*le Monde médical*, 15 décembre 1912).

² Aimes, *la Pratique de l'héliothérapie*, p. 56, Paris, Maloine, 1914.

³ Nevière, *l'Héliothérapie*, thèse de médecine, Montpellier, 1913 (il cite d'Oebsnitz).

lorsqu'on soumet à l'insolation générale un jeune sujet atteint d'une tuberculose externe, localisée à un segment de membre, et porteur d'un appareil plâtré, le corps du malade se pigmente plus ou moins rapidement, sauf, on le conçoit, dans la région recouverte par l'appareil qui intercepte à ce niveau les rayons solaires. Si, ensuite, pour une raison quelconque, on vient à enlever l'appareil plâtré et à ensoleiller à son tour le membre malade et primitivement recouvert, on constate que cette région insolée en dernier lieu se pigmente plus rapidement et plus intensément que ne l'avait fait le reste du revêtement cutané.

Le D^r Menard (de Berck), qui a souligné la valeur de la surpigmentation du membre malade, la considère comme un trouble trophique du revêtement cutané tout d'abord soustrait à l'action de l'air et de la lumière solaire, cette région située sous le plâtre se trouvant en état de moindre nutrition, aurait ses fonctions chromataphores en quelque sorte perverties; de ce chef, vient-on à l'insoler à son tour, elle manifeste ce trouble par une perturbation quantitative et qualitative du pigment.

M. d'Oebsnitz pense, au contraire, à une hypersensibilisation pigmentaire de la peau, provoquée par la première partie de la cure. Il y aurait donc dans le phénomène consécutif, en apparence paradoxal, quelque chose de semblable à la réaction anaphylactique. M. d'Oebsnitz ne donne d'ailleurs cette explication que comme une hypothèse.

Outre la pigmentation, il existe un certain nombre d'affections chroniques que l'on considère comme résultant de l'action prolongée des radiations solaires sur notre organisme.

Bien que cela rentre plutôt dans le cadre de la pathologie que dans celui de la physiologie générale, nous citerons cependant quelques-unes de ces affections chroniques prises entre les principales.

Parmi ces manifestations de l'action de la lumière solaire sur notre organisme, nous avons en premier lieu les éphé-

lides ou taches de rousseur que l'on rencontre à peu près régulièrement chez les personnes blondes ou rousses et qui consistent en de petites taches pigmentaires dont la taille peut atteindre la dimension d'une lentille, et siègent sur les parties découvertes de la peau, c'est-à-dire, la face et le dos des mains : la presque unanimité des auteurs les considère comme dues à l'action de la lumière ; quelques-uns cependant, tendent à admettre qu'il s'agit d'un vice d'évolution et selon eux, la lumière agirait en hâtant leur développement.

Disons deux mots en passant de l'eczéma solaire actuellement bien connu et dont Möller a décrit deux formes : une ressemblant à l'eczéma aigu, l'autre rappelant le lichen plan de Wilson.

L'hydroa vernal, décrit en 1860, se développe seulement au printemps et sur les régions découvertes du corps ; il consiste le plus souvent en quelques bulles rapidement desséchées.

Citons encore la pellagre, qui est une maladie chronique comprenant des troubles généraux digestifs et nerveux, une cachexie progressive et des troubles cutanés.

Dans cette affection, on considère l'érythème, qui apparaît sur diverses parties du corps, comme étant un érythème solaire ; cet érythème, qui atteint surtout les femmes et les enfants, s'observe, en effet, de préférence au niveau de la face dorsale du poignet, des pieds, à la face, au cou ; le plus souvent, il se produit au printemps. On constate alors une rubéfaction et une tuméfaction de la peau qui ne tarde pas à se desquamer ; dans quelques cas, on voit de vastes phlyctènes. L'hiver produit une amélioration passagère, de telle sorte que l'on peut décrire trois phases à cette affection : une première phase caractérisée par une congestion très vive des téguments ; une seconde phase consistant en une desquamation de la peau ; enfin, une troisième phase marquée par une atrophie avec flétrissure des téguments.

La lumière ne possède pas seulement une action locale sur l'organisme, mais elle a aussi une action générale qui est de

beaucoup la plus importante. Cependant, comme le fait très bien remarquer Nogier¹, l'influence énorme du système nerveux rend parfois difficile l'étude de cette action et il devient délicat d'attribuer à la lumière la part exacte qui lui revient.

On connaît l'influence néfaste de la claustration sur les prisonniers, sur les mineurs, etc. ; c'est à cette même action que l'on attribua longtemps une maladie connue sous le nom d'anémie des mineurs.

De 1803 à 1804, on avait en effet constaté dans les mines d'Anzin l'apparition d'une épidémie considérée comme la manifestation d'une étrange maladie caractérisée, entre autres symptômes, par une anémie grave et à laquelle on avait donné pour cette raison le nom d'anémie des mineurs.

Des rapprochements faits entre ces manifestations et la terrible maladie épidémique des ouvriers des mines de sulfure d'argent aurifère et de plomb, observée en Hongrie par Hof-finger de 1777 à 1778 et de 1785 à 1792, avaient fait penser qu'il pouvait s'agir d'une intoxication.

Cette opinion avait été renforcée par l'étude de Foussagrives sur l'anémie des chauffeurs de bateaux à vapeur².

Dès lors, deux explications étaient en présence : pour les uns, il s'agissait d'une anémie résultant d'une intoxication houillère comparable aux intoxications des mines de plomb ; pour les autres, il fallait voir dans l'anémie une conséquence de la vie même des mineurs et de l'absence de la lumière naturelle du soleil.

C'est le grand mérite de Perroncito, de Turin, d'avoir montré en 1880 par ses recherches sur l'anémie des ouvriers travaillant au percement du tunnel du Saint-Gothard que cette soi-disant anémie des mineurs était en réalité une anémie ankylostomiasique.

On sait que la menstruation, précoce et régulière en pays

¹ Nogier, *la Lumière et la vie*, Paris, Baillière, 1904.

² *Hygiène navale*, 1856,

ensoleillés, est tardive dans les régions du Nord et absente même chez les femmes esquimaux pendant la période d'hibernation¹; Aimes² a publié sur ce sujet une très intéressante étude dans le *Progrès médical*.

Il est à remarquer que déjà, au commencement du siècle dernier, l'action générale de l'agent lumineux sur l'homme sollicitait l'attention des médecins.

En 1806, la question de l'influence de la nuit sur la maladie fut mise au concours³ et donna lieu à une série de mémoires qui, vu l'état de la science à cette époque, se perdent en considérations générales sans valeur scientifique, ni valeur expérimentale.

Sur l'être normal, la lumière affecte les forces vitales à la façon d'un stimulant et d'un excitant; elle semble en effet éveiller la sensibilité, exciter le mouvement, précipiter les échanges organiques.

La nuit, au contraire, qui est comme la négation de la lumière, a une action déprimante et donne lieu aux phénomènes inverses : la température baisse, la sensibilité s'émousse, les mouvements se ralentissent, les échanges organiques se réduisent, les sensations diminuent en intensité et en variété, les relations entre le monde extérieur et le monde intérieur sont suspendues au plus haut point.

Indépendamment de son action sur l'individu normal, la nuit intervient notablement dans l'évolution des différents états pathologiques et l'on peut dire qu'elle aussi ralentira à sa manière les troubles de l'organisme causés par les états morbides.

Nous sommes réduits à nous demander pourquoi, chez les fébricitants, dans la plupart des pyrexies, la courbe de température augmente à la tombée de la nuit, pourquoi dans cer-

¹ Arnozan, *Précis de thérapeutique*.

² Aimes, *Progrès médical*, 1913.

³ De l'influence de la nuit (*Recueil de mémoires couronnés par la Soc. de Méd. de Bruxelles en 1806*, Bibl. de l'Hôpital de Saint-Louis, Paris).

taines manifestations douloureuses, dans certaines diathèses comme la goutte, les accès surviennent brusquement pour atteindre leur maximum d'intensité à la fin de la nuit ? Pourquoi, à ces mêmes heures, voit-on les parturientes entrer en douleur et les contractions utérines s'éveiller pour expulser le produit de la conception ?

Aimes a étudié l'action de l'insolation sur le poulx, la tension sanguine, la température, la respiration, la force musculaire ; voici les résultats de ses expériences :

1° *Le poulx.* — L'exposition du corps au soleil, même pour un temps relativement court, s'accompagne d'une accélération notable du poulx. Si le soleil est vif, cette accélération peut être notée dès la dixième minute de l'insolation.

2° *La tension sanguine.* — Dans les deux tiers des cas, Aimes a observé une diminution de la tension sanguine pendant toute la durée de l'exposition au soleil.

3° *Respiration.* — Elle s'accélère d'abord légèrement, il y a un accroissement de six à huit, parfois dix mouvements respiratoires, puis le régime demeure stationnaire.

4° *Température.* — La température axillaire subit des modifications variables ; elle peut ne pas varier et, dans un nombre à peu près égal de fois, elle s'élève ou s'abaisse d'environ un dixième. Aimes l'a vue, chez un sujet sain, s'abaisser de six dixièmes de degré.

La température rectale s'élève de trois à quatre dixièmes de degré, que la température soit prise chez des sujets sains ou chez des malades cette élévation thermique, en général très peu marquée, puisque le plus souvent elle n'est indiquée que par deux à quatre dixièmes, peut cependant arriver à six dixièmes et plus.

5° *La force musculaire.* — Au moyen d'un dynamomètre, Aimes a cherché à enregistrer la force musculaire et n'a constaté aucune variation de celle-ci¹.

¹ Aimes, *la Pratique de l'héliothérapie*, p. 72-74, Paris, Maloine, 1914.

Tout le monde sait que le système nerveux étend ses ramifications innombrables sur toutes les régions de l'organisme, qu'il préside à tous les actes fonctionnels de nos appareils, qu'enfin il reçoit de divers côtés les excitations émanées des forces extérieures à notre organisme, et réagit diversement contre elles; c'est-à-dire que le rayonnement de l'influx solaire ne peut s'exercer sur l'être humain, sans impressionner tout d'abord ses nervures périphériques, puis ses centres nerveux. Une des premières sensations éprouvées au cours des séances correctement dosées, consiste en une sensation de bien-être général très accusée, état auquel on a donné le nom d'euphorie et sur lequel Rikli¹ avait déjà attiré l'attention.

Un autre effet du soleil doit être souligné: c'est son action sédative, si rapide et si fréquente.

Outre Rikli, plusieurs observateurs ont fait des remarques intéressantes concernant l'action de la lumière sur l'idéation.

Comme dit très bien Papillon²: « La pensée enchaînée et
« muette dans un endroit obscur, se dégage et s'anime le soir
« dans une salle éblouissante de clarté. Nous ne pouvons pas
« éviter la sombre disposition que provoque un temps sombre
« et pluvieux, ni résister à l'élan joyeux que donne le spec-
« tacle d'une journée radieuse. Il faut ici confesser notre
« esclavage, aimable servitude au demeurant et qui ne pro-
« cure que des douceurs. Et pourquoi ne nous mettrions-nous
« pas à l'unisson de toutes les choses animées et inanimées
« qui, sitôt que la lumière les touche, vibrent, tressaillent et
« manifestent dans mille langages divers la volupté stimu-
« lante et enchanteresse de ce contact? C'est instinctivement
« et spontanément que nous la recherchons partout et que
« nous sommes toujours heureux de la découvrir; aussi quel

¹ Rikli, *Médecine naturelle et bains de soleil*, 1905.

² Papillon, *la Nature et la vie*, Paris, 1869.

« rôle elle joue et quel charme elle introduit dans les œuvres
« de la poésie et de l'art. »

Les frères Lumière ont signalé à ce propos un fait très intéressant qui est rapporté par le professeur Dubois¹. Autrefois, leurs ateliers de plaques photographiques étaient éclairés au moyen de verres rouges. Or, les frères Lumière avaient constaté que sous l'influence de cet éclairage les ouvriers, même les très calmes, ne tardaient pas à présenter un caractère coléreux et toutes les symptômes d'une excitation cérébrale anormale. Ils parlaient, gesticulaient, chantaient, avaient une tendance à se provoquer les uns les autres et ne pouvaient garder le calme nécessaire au bon ordre de l'usine.

Peu après, l'éclairage de l'atelier ayant été changé, et l'éclairage rouge remplacé par une lumière verte, on put constater une modification presque immédiate dans le caractère des ouvriers. Ils sont plus calmes, les conversations sont redevenues normales et l'ordre règne.

R. Pisani² a fait une série de recherches sur l'action de la lumière sur le travail musculaire. Cet auteur a montré que la lumière bleue favorise le travail musculaire et augmente la résistance à la fatigue.

Ch. Ferré, faisant des recherches dans le même ordre d'idées, a noté :

1° Que le travail ergographique devient plus grand quand on passe de l'obscurité à la lumière ;

2° Que les verres colorés, mais surtout les rouges, provoquent un surcroît de travail.

Griesbach a constaté que le travail manuel fatigue plus vite les aveugles que ceux qui voient.

Plusieurs auteurs ont étudié l'action de la lumière sur la température. Nous avons déjà signalé les expériences d'Aimes à

¹ Dubois, Action de la lumière sur les animaux (*Phys. biol. de d'Arsonval*, p. 277).

² R. Pisani, l'Action biologique de la lumière électrique bleue sur le travail musculaire (*Ann. di Eletticità medica et di Terapia*, anno II, n° 8).

ce sujet. Rilow, expérimentant en 1902, constata que, pendant l'exposition au soleil, la température centrale s'abaisse, que le pouls descend après l'insolation, que la respiration s'accélère d'abord légèrement, puis reste stationnaire.

Nous signalons ici, d'après Nevière, les recherches faites par d'Oebsnitz sur les modifications thermiques cardiaques et respiratoires dues à l'héliothérapie.

Dans le service de M. d'Oebsnitz, chaque malade a une feuille spéciale sur laquelle sont consignés chaque jour :

1° D'une part, la température avant la cure, la température immédiatement après la cure, la température une heure après la cure ;

2° D'autre part, le nombre des pulsations avant la cure, le nombre des pulsations immédiatement après la cure, le nombre des pulsations une heure après la cure ;

3° Enfin le chiffre des respirations avant la cure, immédiatement après la cure, une heure après.

Près de mille cinq cents séances, réparties sur vingt-cinq sujets traités, ont été relevées de la sorte. L'ensemble constitue donc, quelle qu'en soit l'interprétation donnée, un document clinique d'une valeur considérable.

Les malades ainsi observés appartiennent pour la majeure partie à toutes les catégories des tuberculoses externes, parmi eux quelques cas se rapportent à des tuberculoses guéries ou à des tuberculoses viscérales.

Voici les résultats observés :

1° RÉACTIONS THERMIQUES. — a) *Immédiates* : Dans les cas presque normaux et dans les tuberculoses locales, la température rectale s'élève à la fin de la séance ; cette élévation est d'ailleurs temporaire.

b) *Consécutives* : La température, prise une heure après s'est abaissée par rapport à la température terminale immédiate, mais pas assez pour atteindre le niveau de la température initiale.

2° RÉACTIONS CARDIAQUES. — Le chiffre immédiat des pulsations (noté à la fin de la séance) et le chiffre consécutif (noté une heure après la séance) augmentent souvent, diminuent quelquefois.

3° RÉACTION RESPIRATOIRE. — Le chiffre des respirations, immédiatement et consécutivement constaté, monte tantôt, s'abaisse parfois au-dessous du chiffre initial.

Plusieurs auteurs se sont occupés des modifications de la pression sanguine sous l'influence des radiations lumineuses. Dès 1902, Rilow¹ constate de l'hypertension artérielle après le bain de soleil; plus tard Rollier, à Leysin, et Aimes, à Montpellier, aboutissent aux mêmes conclusions.

Enfin Malgat² constate chez des tuberculeux pulmonaires insolés des résultats variables, suivant la température du bain de soleil: de l'hypertension après le bain froid, de l'hypotension après le bain chaud. D'Oebnitz a fait une série de cinquante-cinq mensurations au moyen de l'oscillomètre sphygmométrique de Pachon.

Cependant il faut reconnaître qu'actuellement toutes ces recherches n'ont donné que des résultats disparates, probablement à cause de la différence de latitude, d'altitude et de température dans lesquelles ils ont été enregistrés.

Nevière a fait toute une série de recherches sur les variations histologiques quantitatives et qualitatives qui pouvaient se présenter dans le sang sous l'influence de la lumière solaire; voici quelles sont les conclusions de cet auteur:

1° Sous l'influence de la cure solaire, on observe généralement de la leucocytose, mais les résultats sont variables dans le temps, et peu susceptibles d'une comparaison instructive;

2° A l'augmentation globale des leucocytes correspond un

¹ Rilow, Sur l'influence de bains d'air et de soleil sur la température du corps, le pouls, la pression artérielle, la respiration, la force musculaire et le poids (*Journ. de Physioth.*, 15 octobre 1903).

² Malgat, Bains de soleil (*Tuberculosis*, n° 2, février 1910).

accroissement parallèle du chiffre des polynucléaires (les mensurations étant envisagées dans une série de séances);

3° Les variations des mononucléaires sont inverses de celles des polynucléaires;

4° Les polynucléaires éosinophiles augmentent après chaque séance et après une séance prolongée.

Comment expliquer l'action du soleil sur notre organisme? Plusieurs auteurs se sont posé cette question en s'efforçant d'y répondre.

Finsen a émis l'hypothèse que les rayons lumineux agissent par leurs radiations chimiques et que celles-ci seraient absorbées par le sang.

Si on place sur le pavillon de l'oreille d'un sujet, dit Finsen, un fragment de papier photographique albuminé, et si l'on fait tomber le cône de lumière bleu-violet de l'appareil sur l'autre face de l'oreille, on constate, au bout de cinq minutes, l'absence de toute réaction sur le papier sensible; mais, lorsqu'au moyen de deux plaques de verre, on comprime le pavillon de l'oreille jusqu'à ce qu'il devienne exsangue, on s'aperçoit qu'au bout de vingt secondes le papier photographique est devenu noir. Il s'ensuit que le sang empêche d'une façon manifeste la pénétration des rayons chimiques à travers les tissus de l'organisme.

Une autre théorie a été émise par Malgat. Cet auteur admet une action directe de la lumière. Pour lui, les rayons actifs peuvent traverser le corps humain et agir par conséquent dans l'intimité même des tissus.

Cet auteur dit avoir pu impressionner une plaque photographique à travers le thorax d'un sujet exposé au soleil et doser même la quantité de rayons chimiques à l'entrée et à la sortie du corps.

Malgat prétend s'être entouré de toutes les précautions nécessaires. Par la différence obtenue entre les chiffres représentant la quantité des rayons chimiques à l'entrée et à la sortie du corps, il obtient la somme d'énergie employée dans l'organisme.

CHAPITRE II

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA LUMIÈRE

C'est au ^{xix}^e siècle que revient le mérite d'avoir montré que la lumière, la chaleur, l'électricité, les actions chimiques, etc., ne sont que des modalités diverses de l'énergie; que toutes les formes de celle-ci, quelles qu'elles soient, peuvent dériver les unes des autres et s'engendrer mutuellement; que tous ces phénomènes enfin obéissent au grand principe de la conservation de l'énergie.

Prenons un fusil chargé. Nous n'avons aucune manifestation de l'énergie, celle-ci n'existant momentanément qu'à l'état potentiel. Mais que l'on vienne à presser la détente. Aussitôt se manifeste une série de phénomènes : le bruit de la détonation retentit à nos oreilles, nous voyons une flamme, de la fumée, la balle est projetée au loin, le canon du fusil s'échauffe...

Lumière, bruit, chaleur, déplacement du projectile, ne sont que les transformations diverses de l'énergie communiquée.

La lumière n'est donc qu'une des formes de l'énergie, de même que le son, les réactions chimiques, etc. Sa nature intime est celle d'une force vive, d'un mouvement; telle est l'opinion actuelle sur la nature des radiations lumineuses, mais cette conception ne s'est pas fait jour d'emblée; ce n'est que peu à peu qu'elle s'est imposée au monde scientifique.

L'illustre physicien Newton est l'un des premiers qui aient cherché à nous donner une explication des phénomènes lumi-

neux. C'est, en effet, à lui que l'on doit la théorie dite de l'émission.

D'après Newton, le mouvement lumineux serait dû à une substance d'une ténuité extrême appartenant au corps lumineux et qu'il projetterait à travers l'espace.

Le mouvement de translation de ces corpuscules serait rectiligne en milieu homogène. Quant à leur vitesse de translation, elle varierait avec chaque milieu.

La théorie de Newton présentait certaines lacunes et avait besoin pour chaque cas nouveau d'hypothèses nouvelles. C'est ainsi que la diversité des couleurs du spectre était considérée comme due aux dimensions des particules lumineuses; que la réflexion était expliquée comme étant la conséquence du rebondissement des corps sur un obstacle; que la réfraction s'expliquait par la présence, entre les molécules des corps transparents, d'espaces suffisants pour permettre le passage des particules lumineuses.

Aussi l'expérimentation vint-elle infirmer le système de l'émission et cela surtout par la constatation de deux phénomènes nouveaux : les phénomènes d'interférence et de diffraction. Avec les travaux de Young, Huyghens, Fresnel, Green et Gauchez, nous voyons apparaître une nouvelle théorie qui s'affirme de plus en plus, c'est la théorie mécanique des ondu-
lations.

Dans cette théorie, la lumière est considérée comme le résultat d'un mouvement vibratoire extrêmement rapide se propageant de proche en proche par l'intermédiaire d'un milieu élastique, l'éther cosmique.

Cette théorie mécanique assimile la production de la lumière à celle du son; elle présente le grand avantage d'expliquer les phénomènes d'interférence et de diffraction affirmant par là sa supériorité sur le système de l'émission.

Enfin, les expériences de Faraday montrant la polarisation rotative de la lumière en milieu magnétique, puis celles de Keu montrant qu'un diélectrique optiquement isotrope devient

anisotrope une fois placé entre les armatures d'un conducteur, font pressentir l'existence d'un lien entre la lumière et l'électricité. Mais ce n'est que longtemps après que Maxwell, puis Hertz montrèrent que la lumière n'est pas autre chose qu'un phénomène électromagnétique et que ces deux agents doivent être considérés comme deux modalités très voisines de l'énergie.

Si on laisse pénétrer un rayon de soleil dans une chambre obscure et qu'on le reçoive sur un prisme de verre bien homogène, un phénomène curieux se produit. On constate, en effet, que le faisceau lumineux émergent a subi diverses modifications; il est divisé et étalé vers la base du prisme; en outre, sa partie supérieure présente une coloration rouge, tandis que sa partie inférieure est violette. Enfin, entre ces deux couleurs extrêmes, le faisceau lumineux présente une série de nuances se suivant sans interruption appréciable, mais permettant cependant de distinguer, malgré le passage insensible de l'une à l'autre, une série de couleurs principales se succédant dans l'ordre suivant : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange, rouge; le violet étant toujours la couleur la plus rapprochée de la base du prisme; ces sept couleurs fondamentales fondues en une infinité de nuances, les unissant l'une à l'autre, constituent le spectre solaire.

On peut varier l'expérience, utiliser diverses substances transparentes, varier l'angle du prisme, le spectre conserve le même aspect; la seule modification obtenue consiste dans la longueur de l'image colorée et dans sa déviation qui dépend de l'indice de réfraction.

En outre, en faisant tomber sur un deuxième prisme chacune des couleurs fondamentales, on constate qu'elle est divisée, mais sans présenter de modifications de coloration. Newton, qui découvrit ce phénomène, en a donné une explication; il l'attribue à un défaut d'homogénéité de la lumière blanche. Celle-ci, en effet, n'est pas simple, mais résulte de la synthèse d'un nombre infini de rayons ayant chacun sa coloration propre, son indice de réfraction et aussi une longueur d'onde

caractéristique. Nous en citons ici quelques-unes, d'après Aimes¹.

Violet, longueur d'onde au-dessous de	392 à 428 μ .
Indigo,	— — 434 à 449 —
Bleu,	— — 457 à 500 —
Vert,	— — 500 à 533 —
Jaune,	— — 562 à 583 —
Orangé,	— — 600 à 660 —
Rouge,	— — 663 à 698 —

Il faut signaler ici une autre explication du spectre solaire qui fut émise en 1911 par Kuckuck. Pour cet auteur, la lumière blanche serait une lumière simple d'une longueur d'onde de 520 μ environ, mais ayant la propriété d'être modifiée par les corps sur lesquels elle tombe; c'est ainsi, par exemple que les corps qui nous paraissent jaunes, auraient la propriété de ralentir la vitesse et d'allonger la longueur d'onde de la lumière blanche.

« Si les tourbillons d'ondes magnétiques, les électrones, « exécutent, dit cet auteur, des ondulations d'une longueur « d'onde de 397 à 761 $\mu\mu$, alors nous avons la forme d'énergie « nommée « lumière visible ».

« Les ondes électroniques de 103 à 396 $\mu\mu$ représentent la « lumière « ultra-violette », directement invisible, mais que « l'on peut rendre visible sur un papier imprégné d'une « solution de cyanure de baryumplatine ou de quinine. Les « ondes électroniques d'une longueur de 397 à 430 $\mu\mu$ environ, « représentent la lumière violette et depuis 430 à 500 $\mu\mu$, la « lumière bleue qui, à mesure que la longueur de ses ondes « augmente, pâlit et se rapproche de plus en plus de la cou- « leur blanche qu'elle représente, ayant atteint la longueur « d'onde de 530 $\mu\mu$ environ.

« La lumière blanche est donc lumière simple, d'une lon-

¹ Aimes, *la Pratique de l'héliothérapie*, p. 36, Paris, Maloine, 1914.

« gueur d'onde d'environ $530\ \mu\mu$, c'est-à-dire lumière inter-
« médiaire entre bleu et jaune, et n'est point le *mixtum com-*
« *positum* de toutes les espèces de lumières, du rouge au
« violet, comme on le croit déjà, depuis plus de deux cents ans,
« depuis Newton. La place de la lumière blanche, dans les
« spectres que l'on dessine habituellement, est occupée par la
« lumière verte qui résulte de la superposition du bleu et du
« jaune, à la suite d'une fausse position donnée au prisme, car
« ordinairement, on tourne le prisme sur son axe longitu-
« dinal, de manière que les rayons jaunes et bleus se tournent
« et se superposent, engendrant les rayons verts qui, couvrant
« les rayons blancs, se trouvent entre le jaune et le bleu; ce
« spectre faussé par la position inexacte du prisme, a été la
« cause de la supposition que la lumière blanche, ne se trou-
« vant guère dans un tel spectre, aurait été décomposée en
« rayons de couleurs; d'où l'on déduisait avec J. Newton que
« la lumière blanche serait un mélange de rayons colorés;
« déjà la logique de Goethe s'était moquée de cette conclusion
« naïve en disant : « Newton a composé le blanc de toutes les
« couleurs, certes, il vous a fait croire à beaucoup de choses
« que vous croirez pendant un siècle. »

« En donnant au prisme une position où le bleu et le jaune
« ne se touchent pas, on voit apparaître, entre le bleu et le
« jaune, une raie blanche ou incolore, passant peu à peu d'un
« côté au bleu, et, de l'autre côté au jaune. Ce spectre non
« faussé par une superposition de couleurs avoisinantes montre
« donc les couleurs suivantes : rouge, jaune, blanc, bleu et
« violet qui sont les couleurs fondamentales du spectre.

« La couleur orange n'est qu'une composition du jaune et
« rouge et la couleur verte est une combinaison du jaune et
« bleu. Ce spectre correct prouve que la lumière blanche ne
« se décompose pas en couleurs spectrales, mais reste intacte
« entre jaune et bleu dans le spectre à couleurs non confon-
« dues, tandis que, dans le spectre à couleurs confondues,
« la lumière blanche est masquée par le bleu et le jaune su-

« perposés présentant un rayon vert à la place du blanc
« (fig. 1).

« La lumière blanche étant une lumière simple d'une lon-
« gueur d'onde de $520\ \mu\mu$ environ, sa transformation par le
« prisme en un spectre de plusieurs espèces de lumières de
« différentes longueurs d'ondes n'est point une décomposition

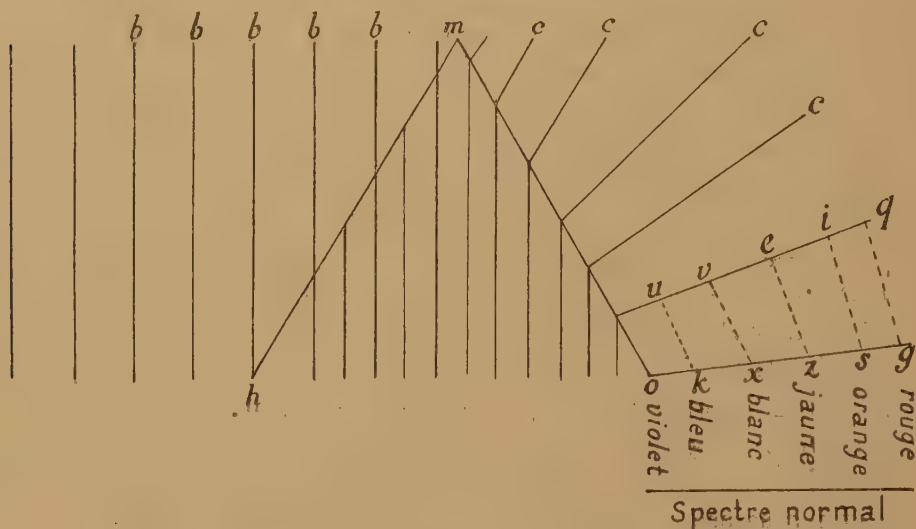


FIG. 1.

« de la lumière blanche en ses composants, — comme on le
« répète depuis Newton jusqu'à présent, — mais une déforma-
« tion du parallélisme des ondes de la lumière blanche par le
« prisme. La vitesse de propagation de la lumière étant moin-
« dre dans des milieux denses que dans des milieux légers,
« la longueur des ondes blanches est diminuée à la base
« épaisse du prisme et, par compensation, augmentée à l'arête
« de ce dernier. Le côté où les ondes divergent représente
« des ondes plus longues que celles de la lumière blanche,
« tandis que du côté opposé où les ondes lumineuses conver-
« gent, les ondes passées à travers le prisme sont plus courtes
« que celles de la lumière blanche. Or, les ondes plus longues

« que 530 $\mu\mu$ (longueur approximative des ondes de la lumière
« blanche) sont les ondes jaunes, rouges et infra-rouges ; les
« ondes plus courtes que 500 $\mu\mu$ ce sont les ondes bleues,
« violettes et ultra-violettes. Donc, les couleurs du spectre
« résultent de la déformation du parallélisme des ondes blan-
« ches par le prisme, ce qui est en même temps la cause de la
« déviation des rayons lumineux vers la base du prisme,
« c'est-à-dire vers le côté violet du spectre ¹. »

Newton avait considéré le spectre solaire comme formé de sept couleurs, mais depuis lui les limites en ont été singulièrement étendues par la découverte, de chaque côté de la région visible, d'une région extrême qui n'impressionne pas la rétine, mais que l'on peut mettre en évidence au moyen d'appareils spéciaux.

En 1800, le physicien Herschel constatait qu'un thermomètre placé au delà de la région rouge du spectre subissait une certaine élévation de température, bien qu'aucun rayon ne vienne impressionner la rétine. En renouvelant ces expériences au moyen du bolomètre de Langley, appareil susceptible de décélérer des variations de $1/10000^{\circ}$ de degré, il montre l'existence de rayons dits infra-rouges doués de propriétés calorifiques, mais absolument invisibles pour l'œil.

La découverte d'Herschel est de première importance ; les rayons infra-rouges, par leur action analogue à celle de l'électricité sur certains appareils, établissent un lien étroit entre ces deux formes de l'énergie et permettent de passer de l'un à l'autre.

L'existence des rayons infra-rouges peut être montrée par l'expérience suivante due à Tyndall : On prend un ballon de verre rempli d'eau sur lequel on dirige un faisceau lumineux ; celui-ci vient se réfracter à travers le liquide et nous donne,

¹ Martin Kuckuck, *l'Univers, être vivant*, p. 240 à 242, Genève, Kündig, 1911. — Voir aussi Raphaël Dubois, *la Vie et la lumière*, p. 184, Paris, F. Alcan, 1914.

après l'avoir traversé, un foyer très lumineux semblable à celui produit par une lentille de verre. Si maintenant, après avoir noté l'emplacement du foyer, l'on remplace l'eau du ballon par une substance ne laissant passer que les rayons infra-rouges, telle, par exemple, qu'une dissolution d'iode dans du sulfure de carbone, on constate que de l'amadou placé au niveau du foyer s'enflammera, tandis que l'œil n'y perçoit aucune clarté. Si, enfin, on remplace la solution iodée par une solution d'alun douée des propriétés inverses, on obtiendra un foyer lumineux visible à l'œil, mais doué de propriétés calorifiques si faibles que l'amadou pourra y rester indéfiniment intact.

La plus ancienne mesure de longueur d'onde dans le spectre infra-rouge est due à Fizeau qui, en 1847, trouva une longueur d'onde de 1.447 millionimètres. En 1888, Langley recula les limites de l'infra-rouge jusqu'à 30,4 ; enfin, ces dernières années, on est arrivé à découvrir des radiations de 40, puis de 60 μ . Si l'on se reporte à l'autre extrémité du spectre, on y trouve également des radiations invisibles, mais douées, celles-ci, de propriétés purement chimiques et n'exerçant aucune influence sur le thermomètre : ce sont les radiations ultra-violettes.

Ces radiations peuvent être mises en évidence au moyen d'un écran recouvert de sulfate de quinine, de sulfure de calcium ou de platino-cyanure de barium ; ces substances ont, en effet, la propriété de s'illuminer sous l'action des radiations ultra-violettes ; mais de tous les réactifs le plus simple et aussi le plus sensible est la plaque photographique.

Les limites du spectre ultra-violet sont comprises entre 0,392 μ et 0,295 μ , mais ces limites en ont été singulièrement élargies par l'étude des métaux et notamment par les recherches de Soret sur le spectre de l'aluminium.

Par ces découvertes, le spectre solaire vient ainsi se compléter et prendre la forme suivante : infra-rouge, rouge, jaune, vert, bleu, indigo, violet, ultra-violet. Ces radiations ne sont pas si distinctes qu'il le semble au premier abord ; en réalité,

elles se chevauchent mutuellement : les radiations calorifiques s'étendent dans le spectre visible en diminuant d'intensité à

RADIATIONS	PROPRIÉTÉS	LONGUEURS D'ONDES
Infra-rouges	1. Impressionnent bien le thermomètre. 2. N'impressionnent pas l'œil. 3. N'impressionnent pas la plaque photographique.	Au delà de 698 μ .
Rouges à jaunes	1. Impressionnent bien le thermomètre. 2. Impressionnent bien l'œil. 3. N'impressionnent pas la plaque photographique.	Rouge : au-dessous de 663 à 698 μ . Orange : au-dessous de 600 à 660 μ . Jaune : au-dessous de 562 à 583 μ .
Vertes	1. Impressionnent peu le thermomètre. 2. Impressionnent bien l'œil. 3. Impressionnent un peu la plaque photographique.	Au-dessous de 500 à 533 μ .
Bleues à Violettes	1. Impressionnent très peu le thermomètre. 2. Impressionnent bien l'œil. 3. Impressionnent bien la plaque photographique.	Bleu : au-dessous de 457 à 500 μ . Indigo : au-dessous de 434 à 449 μ . Violet : au-dessous de 392 à 428 μ .
Ultra-Violettes	1. N'impressionnent pas le thermomètre. 2. Impressionnent peu l'œil. 3. Impressionnent bien la plaque photographique.	Au-dessous de 392 μ .

FIG. 2.

mesure que l'on s'avance vers la région violette du spectre, tandis que les radiations chimiques s'étendent en sens contraire dans le spectre visible, diminuant d'intensité à mesure que l'on se rapproche du rouge.

Nous avons réuni dans le tableau ci-dessus (fig. 2) les pro-

priétés des différentes radiations en tenant compte de cette progression. Notons que, tandis que les radiations calorifiques et chimiques ont leur maximum d'intensité aux extrémités du spectre, le maximum d'intensité des radiations lumineuses se trouve à sa partie moyenne, soit dans la région jaune de celui-ci.

Comme le fait justement observer Abadie¹, « les différentes
« radiations présentent des propriétés qui permettent d'iden-
« tifier encore qualitativement la lumière avec d'autres formes
« de l'énergie : la chaleur et l'action chimique. En effet, la
« réfraction à travers un prisme produit une dispersion des
« rayons calorifiques et chimiques analogue à celle des rayons
« lumineux.

« La triple propriété d'un rayon à effet lumineux, calo-
« rique et chimique, ne peut être dissociée ni par réfraction,
« ni par absorption inégale (les différents milieux transmet-
« tent toujours dans la même proportion, avec un égal affai-
« blissement, les trois propriétés qui sont donc inséparables),
« ni par polarisation, ni par interférence, la longueur d'onde
« des trois radiations qui se concentrent en un même point
« du spectre sont égales, par conséquent aussi leurs périodes.
« Ces trois radiations sont donc identiques ; il faut y voir
« trois modes de manifestation d'une même cause, d'un seul
« et même agent, de telle sorte qu'en un point donné du spec-
« tre il n'y a pas à la fois trois rayonnements (lumineux,
« calorique, chimique), c'est-à-dire superposition de trois
« vibrations différentes, mais une seule et unique vibration
« entièrement caractérisée par sa longueur d'onde.

« D'ailleurs, on peut répéter avec les rayons caloriques,
« suivant des lois générales identiques, outre les phénomènes
« de rayonnement, de réflexion et de réfraction, tous les phé-

¹ Abadie, *Des propriétés physiques, biologiques et thérapeutiques de la lumière et de ses applications en dermatologie*, th. de Méd., p. 39-41, Paris, 1904.

« nomènes d'interférence, de diffraction, de double réfraction,
« de polarisation, de l'optique physique.

« Cette analogie se poursuivant dans les expériences les
« plus délicates conduit logiquement à l'identité des causes et
« des milieux d'action.

« La chaleur peut aussi être transformée en énergie chi-
« mique, électrique, mécanique et déterminer des réactions
« physiologiques. Réciproquement avec l'électricité, un cou-
« rant électrique par exemple, on obtient, à mesure que croît
« son intensité, de la chaleur, de la lumière, des actions chi-
« miques. De même, les radiations lumineuses de longueur
« d'onde inférieure à $500\ \mu$, les rayons ultra-violets, les
« effluves statiques, les rayons X, produisent des phénomènes
« de fluorescence, sont doués du pouvoir photochimique et
« transformables par conséquent en énergie chimique; ré-
« duction de la plupart des sels métalliques, particulièrement
« d'argent, d'or, de platine (base de la photographie), oxyda-
« tion de certaines substances (gaïac, bitume de Judée, es-
« sences, etc.) ; combinaison de certains corps (chlore et
« hydrogène) ; réaction chimique dans l'organisme. L'énergie
« chimique peut à son tour engendrer les autres modalités de
« l'énergie. La lumière est encore susceptible de se trans-
« former en électricité (phénomènes activo-électriques).

« Il y a donc identité qualitative absolue de tous ces divers
« ordres de phénomènes, de leurs agents et de leur milieu de
« propagation, c'est-à-dire de l'éther, véritable milieu uni-
« versel, propagateur à la fois de la lumière, de la chaleur, de
« l'électricité et du magnétisme, ainsi admirablement syn-
« thétisé en une seule et même énergie. »

DEUXIÈME PARTIE

RECHERCHES PERSONNELLES

CHAPITRE PREMIER

TECHNIQUES ET MÉTHODES

Les expérimentateurs qui ont cherché à étudier l'action de la lumière sur les organismes animaux se sont adressés (et ce sont de beaucoup les plus nombreux), soit à la lumière blanche, soit le plus souvent à telle radiation du spectre, grâce à d'ingénieux dispositifs permettant de les isoler. Dans cet ordre d'idées il faut signaler les importants travaux de Finsen concernant l'action de la lumière et surtout des rayons ultraviolets sur les êtres vivants.

Quelques auteurs, beaucoup moins nombreux, parmi lesquels il importe de citer M. le professeur Raphaël Dubois, ont eu l'heureuse idée de s'adresser dans leurs recherches à des animaux vivant normalement à l'obscurité (animaux cavernicoles par exemple) et présentant, de ce fait, une plus grande sensibilité vis-à-vis de l'agent lumineux. Enfin, un très petit nombre d'observateurs ont cherché à se rendre compte des perturbations pouvant venir, dans les organismes animaux, de la suppression totale de l'élément lumineux. Ce sont ces dernières recherches que nous avons décidé de reprendre et de compléter, autant que possible, en nous entourant de toutes

les précautions nécessaires, afin d'éliminer autant que faire se peut les causes d'erreur.

Dans les chapitres qui suivent, nous exposerons les expériences que nous avons faites sur ce sujet. Désireux de pouvoir faire un travail approfondi, nous nous sommes adressé seulement à des vertébrés en multipliant nos expériences et en les faisant porter sur des lapins, des cobayes, des poulets, des pigeons, des poissons, des grenouilles et des tortues.

Nos animaux ont été installés dans les sous sols de la Faculté des Sciences de Lyon. Les deux salles utilisées pour les expériences ont la même orientation, avec cette unique différence que tandis que l'une est éclairée, l'autre est un véritable cabinet noir utilisé anciennement pour l'étude des photobactéries; nous avons donc ainsi deux conditions importantes qui se trouvent réalisées : locaux semblables de même orientation, dont l'un est éclairé et l'autre obscur; enfin, point important à signaler, nos deux salles sont chauffées de la même manière, ce qui leur assure une température uniforme.

Désireux d'expérimenter dans des conditions aussi comparables que possible, nous avons pris des animaux sensiblement du même âge et les avons placés dans des cages ayant rigoureusement les mêmes dimensions; nos animaux ont, en outre, reçu une alimentation identique en quantité et en qualité, celle-ci étant pesée régulièrement chaque matin; nous nous sommes efforcé ainsi de placer nos animaux dans des conditions de déterminisme rigoureusement semblables, sauf en ce qui concerne l'élément lumineux.

CHAPITRE II

DE L'ACTION COMPARATIVE DE LA LUMIÈRE ET DE L'OBSCURITÉ SUR LA TEMPÉRATURE ANIMALE

Les températures sont en général mesurées au moyen de thermomètres à mercure ou à alcool divisés en dixièmes de degré et affectant des dispositions variées permettant soit de les introduire dans l'organe, soit de les placer exactement à la surface de l'organe dont on détermine la température.

Considérés au point de vue de leur température, les animaux peuvent être répartis en deux grands groupes : les uns ont une température centrale remarquablement constante, quelle que soit la température du milieu ambiant, ce sont les homéothermes ou animaux à température constante. Les autres ont une température centrale essentiellement changeante suivant les variations du milieu extérieur, ce sont les poïkilothermes ou animaux à température variable. Quand on parle de température constante chez les homéothermes, on parle de la température des parties centrales non exposées au refroidissement, et non pas de la température périphérique, celle-ci pouvant varier avec chaque changement de la température ambiante. Une température centrale sera par exemple une température buccale, rectale ou vaginale.

La constance de la température centrale n'est cependant pas absolue et certains facteurs peuvent la modifier. Chez l'homme, on constate une oscillation journalière de la température qui

présente un minimum vers 4 heures du matin et un maximum vers 4 heures du soir.

On peut avoir des variations accidentelles résultant par exemple de l'influence du travail musculaire, mais il faut reconnaître que cette variation est passagère et disparaît un quart d'heure environ après la fin du travail.

Les poïkilothermes sont caractérisés par les oscillations de leur température, parallèlement aux oscillations de la température ambiante.

Dans tous les cas, on constate chez les poïkilothermes un excès de température interne sur le milieu ambiant; cet excès de température varie suivant la nature et la température du milieu ambiant. On a constaté que les poissons ont de 0,1 à 0,3 degrés au-dessus du milieu ambiant; les tortues de 0,1 à 0,9 degrés, la vipère 5,5 degrés, le lézard de 7 à 8 degrés, le boa, au moins pendant l'incubation, 21,5 degrés.

Chez les batraciens nus, et, notamment, chez la grenouille, on a relevé des températures de quelques dixièmes de degré inférieures à la température ambiante : cet abaissement de la température est la conséquence du refroidissement dû à l'évaporation de l'eau à la surface du corps.

*
**

Le fait que chez l'homme il existe une différence entre la température diurne et la température nocturne, et que, d'autre part, certains facteurs, tel par exemple le travail musculaire, sont susceptibles de la faire varier, nous a donné l'idée d'entreprendre une série de recherches afin de voir si la suppression de la lumière déterminerait des modifications sur la température animale.

Nous nous sommes adressé pour cela à des homéothermes et à des poïkilothermes que nous avons placés les uns à la lumière, les autres à l'obscurité, de façon à ce qu'ils se trouvent

dans des conditions absolument identiques, sauf en ce qui concerne l'élément lumineux.

Nos animaux sont ainsi restés en observation pendant plus de deux mois, pendant lesquels nous avons périodiquement vérifié leur température ¹.

Voici le résultat de nos expériences :

ANIMAUX HOMÉOTHERMES

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

Sujets d'expérience. — Lapins.

Conditions dans lesquelles a été faite l'expérience. — Les deux animaux ont été placés comparativement l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité.

Afin que les résultats obtenus soient aussi comparables que possible, nous avons veillé à ce que nos animaux soient placés dans des conditions rigoureusement identiques, sauf en ce qui concerne l'élément lumineux.

A cette fin, nous les avons placés dans des cages ayant les mêmes dimensions, nous avons veillé à ce qu'ils reçoivent une nourriture identique en quantité et en qualité, nous avons expérimenté dans des locaux ayant la même orientation et la même température, etc.

Nos températures ont été prises dans le rectum de l'animal au moyen d'un thermomètre centigrade à mercure.

¹ *Nota.* — Celle-ci a été prise au moyen d'un thermomètre centigrade à mercure. Pour les animaux homéothermes, nous avons employé un thermomètre divisé uniquement en degrés; c'est la raison pour laquelle on ne voit pas figurer de fractions de degré dans les températures prises sur ces animaux.

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE

A. — Animal à la lumière.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917	38 degrés	25 degrés
30 —	38	23
6 août 1917	38	20
13 —	38	20,5
20 —	38	21
27 —	38	21,5
3 septembre 1917	38	20
10 —	38	23,3
17 —	38	19,4
24 —	38	20

B. — Animal à l'obscurité.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917	38 degrés	25 degrés
30 —	38	23
6 août 1917	38	20
13 —	38	20,5
20 —	38	21
27 —	38	21,5
3 septembre 1917	38	20
10 —	38	23,3
17 —	38	19,4
24 —	38	20

DEUXIÈME EXPÉRIENCE

Sujets d'expérience. — Cobayes.

Conditions dans lesquelles a été faite l'expérience. — Les mêmes que pour l'expérience précédente.

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE

A. — Animal à la lumière.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917.	39 degrés	25 degrés
30 —	39	23
6 août 1917	39	20
13 —	39	20,5
20 —	39	21
27 —	39	21,5
3 septembre 1917	39	20
10 —	39	23,3
17 —	39	19,4
24 —	39	20

B. — Animal à l'obscurité.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917.	39 degrés	25 degrés
30 —	39	23
6 août 1917	39	20
13 —	39	20,5
20 —	39	21
27 —	39	21,5
3 septembre 1917	39	20
10 —	39	23,3
17 —	39	19,4
24 —	39	20

TROISIÈME EXPÉRIENCE

Sujets d'expérience. — Coqs.

Conditions dans lesquelles a été faite l'expérience. — Les mêmes que pour l'expérience précédente.

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE

A. — Animal à la lumière.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917	41 degrés	25 degrés
30 —	41	23
6 août 1917	41	20
13 —	41	20,5
20 —	41	21
27 —	41	21,5
3 septembre 1917	41	20
10 —	41	23,3
17 —	41	19,4
24 —	41	20

B. — Animal à l'obscurité.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917	41 degrés	25 degrés
30 —	41	23
6 août 1917	41	20
13 —	41	20,5
20 —	41	21
27 —	41	21,5
3 septembre 1917	41	20
10 —	41	23,3
17 —	41	19,4
24 —	41	20

ANIMAUX POIKILOTHERMES

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

Sujets d'expérience. — Tortues.

Conditions dans lesquelles a été faite l'expérience. — Les mêmes que pour les expériences précédentes.

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE

A. — Animal à la lumière.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917	25 degrés	25 degrés
30 —	23,1	23
6 août 1917	20,3	20
13 —	21	20,5
20 —	21,2	21
27 —	22	21,5
3 septembre 1917	20	20
10 —	24	23,3
17 —	20	19,4
24 —	20,5	20

B. — Animal à l'obscurité.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917	25 degrés	25 degrés
30 —	23	23
6 août 1917	20,3	20
13 —	21	20,5
20 —	21,2	21
27 —	22	21,5
3 septembre 1917	20	20
10 —	24	23,3
17 —	20	19,4
24 —	20,5	20

DEUXIÈME EXPÉRIENCE

Sujets d'expérience. — Grenouilles.

Conditions dans lesquelles a été faite l'expérience. — Les mêmes que pour les expériences précédentes.

RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE

A. — Animal à la lumière.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917.	21 degrés	25 degrés
30 —	21	23
6 août 1917	20	20
13 —	19	20,5
20 —	20	21
27 —	20	21,5
3 septembre 1917	19	20
10 —	21	23,3
17 —	19	19,4
24 —	19	20

B. — Animal à l'obscurité.

	Temp. animal	Temp. salle
25 juillet 1917.	21 degrés	25 degrés
30 —	21	23
6 août 1917	20	20
13 —	19,5	20,5
20 —	20	21
27 —	20	21,5
3 septembre 1917	19	20
10 —	21	23,3
17 —	19	19,4
24 —	19	20

Un simple examen des résultats obtenus dans nos différentes expériences, montre clairement que l'obscurité n'influe en aucune manière sur la température animale.

En effet, qu'il se soit agi d'animaux homéothermes ou d'animaux poïkilothermes, le résultat est demeuré le même, et la suppression de l'agent lumineux n'a provoqué aucune modification thermique.

Une de nos expériences demande cependant certaines explications ; c'est celle portant sur des grenouilles. Les températures relevées semblant en contradiction avec les données exposées au début du présent chapitre.

Nos grenouilles ont présenté, en effet, une température constamment inférieure à celle du milieu ambiant, alors que nous avons vu que c'était le contraire qui s'observait chez ces animaux.

Cette contradiction est toutefois plus apparente que réelle. Un examen un peu approfondi des conditions dans lesquelles a été faite l'expérience va aisément nous l'expliquer.

Constatons d'abord que cette différence thermique existant entre l'animal et la salle est constante, qu'elle s'observe aussi bien pour les grenouilles placées à la lumière que pour celles placées à l'obscurité. Il ne s'agit donc point d'un fait accidentel imputable à une erreur de mesure.

Or, nos animaux étaient placés dans des récipients contenant du sable maintenu constamment humide et dont la température était notablement inférieure à celle du milieu ambiant.

La température de l'animal étant prise immédiatement après sa sortie du récipient, il n'avait pas eu le temps de se mettre à la température du milieu extérieur et donnait un chiffre sensiblement inférieur à celui constaté dans la salle.

Nous savons, d'autre part, que les batraciens nus peuvent présenter une température inférieure à celle du milieu ambiant par suite du refroidissement dû à l'évaporation de l'eau à la surface de leur corps. Ce phénomène a également dû se produire à cause des conditions dans lesquelles nos animaux avaient été installés, parce qu'on les faisait ainsi passer, au moment des mensurations d'un milieu humide en un milieu plus sec, d'un milieu de moindre température dans un milieu de température plus élevée.

Ces constatations nous permettent donc d'admettre que la différence de température constatée au cours de nos expé-

riences entre la température enregistrée chez nos grenouilles et celle mesurée dans la salle est due, d'une part, au fait que nos animaux provenaient d'un milieu ayant une température inférieure à celle de la salle dans laquelle étaient faites les mesures; d'autre part, à ce que cette différence était encore accentuée par des phénomènes d'évaporation se produisant à la surface de leur peau.

CHAPITRE III

DE L'ACTION COMPARATIVE DE LA LUMIÈRE ET DE L'OBSCURITÉ SUR LA CIRCULATION SANGUINE

Le sang est formé par un liquide auquel on a donné le nom de plasma sanguin et qui contient en suspension certains éléments figurés, que l'on a répartis en trois groupes : les hématies, les leucocytes et les hémato blasts. De ces différents éléments nous n'en retiendrons qu'un : les hématies, c'est sur eux, en effet, qu'a porté la plus grosse part de nos recherches.

Les globules rouges ou hématies sont les éléments caractéristiques du sang des vertébrés ; tous, en effet, en possèdent, à l'exception de l'amphioxus qui n'en a pas.

Les globules rouges des différents vertébrés peuvent être répartis en deux types distincts.

Le premier type de globules est celui de l'homme ; ils ont la forme de disques excavés en leur partie centrale, figurant ainsi des lentilles biconcaves ; ils sont, en outre, homogènes et ne montrent aucun noyau sous l'action des réactifs ; ils ne montrent aucune structure particulière ; au point de vue de leur composition, ils sont formés par l'union intime de deux corps, une substance fondamentale incolore et un pigment, l'hémoglobine ; on peut séparer ces deux corps en

additionnant de l'eau distillée au sang, on obtient ainsi des hématies décolorées conservant leur forme réduite à la substance fondamentale. A ce premier type appartiennent les hématies de tous les mammifères, à l'exception de celles des caméliens, qui sont elliptiques; le second type de globules est celui de la grenouille; ils sont elliptiques de face, fusiformes de profil et rappellent assez bien des lentilles biconvexes; on voit à leur centre un gros noyau ovalaire non pigmenté, faisant une tache claire sur l'hématie vue de face; à ce type appartiennent les hématies de tous les vertébrés autres que les mammifères et les poissons cyclostomes qui eux, ont des globules discoïdes, biconvexes et nucléés.

Nos recherches ayant porté sur l'action de l'obscurité sur la quantité et la qualité des globules rouges, il importe de rappeler brièvement ici, les méthodes dont dispose le physiologiste pour les compter et pour pouvoir évaluer leur teneur en hémoglobine.

La méthode de numération des globules rouges consiste essentiellement à compter au microscope les hématies contenues dans un volume de sang.

L'expérience a montré qu'il fallait que le sang soit dilué et qu'il y avait impossibilité de faire la numération dans le sang pur. La numération des globules rouges comprendra donc deux opérations successives : ce sont, la dilution du sang, puis la numération proprement dite.

Pour diluer le sang, nous avons employé la solution classique de sulfate de soude, qui permet une dispersion uniforme sans altérer les hématies. Comme mélange, nous nous sommes servi du mélangeur de Potain; il est constitué par un tube capillaire portant une graduation surmontée d'une ampoule; le volume de l'ampoule est égal à deux cents fois le volume du tube capillaire jusqu'aux marques de graduation.

On aspire le sang jusqu'à l'un des traits marqués sur la tige capillaire, puis le liquide additionnel, de façon à remplir l'am-

poule ; ce liquide entraînant avec lui le sang dans l'ampoule, celle-ci renfermera donc un volume de sang pour cent volumes de mélange additionnel.

Une petite boule de verre contenue dans l'ampoule permet de réaliser l'homogénéité du mélange par agitation de l'appareil.

La numération se fait au moyen de l'hémotimètre.

C'est une lame de verre plane creusée d'une cavité cylindrique dont le fond plan est parallèle à la surface de la lame ; la distance des deux surfaces parallèles étant de un cinquième de millimètre une goutte de liquide déposée sur le fond de la cavité et recouverte d'une lamelle reposant sur lame, constitue donc une couche de liquide à faces parallèles de un cinquième de millimètre d'épaisseur. Si on a gravé sur le fond de la cavité deux séries de traits perpendiculaires entre eux et distants de un cinquième de millimètre, les carrés qui en résultent peuvent être considérés comme la base de cubes de liquide ayant un cinquième de millimètre de côté ; il est facile de compter au microscope les hématies reposant sur un de ces carrés ou sur un certain nombre d'entre eux, et d'en déduire, par une multiplication, le nombre des hématies contenues dans un millimètre cube.

La qualité des hématies dépend de leur richesse en hémoglobine. On est ainsi conduit à déterminer la proportion de ce pigment dans le sang ou dans une hématie.

L'hémoglobine est une matière colorante, elle peut donc être dosée colorimétriquement. C'est à cette méthode que nous avons eu recours.

La méthode colorimétrique consiste à comparer l'intensité de la coloration de deux liqueurs dont l'une contient une quantité connue de matière colorante. Si l'on détermine les épaisseurs sous lesquelles il faut examiner les deux liquides pour qu'ils apparaissent également colorés, on peut calculer la quantité de pigment contenue dans le liquide à analyser : en effet, ces épaisseurs e et e' sont inversement proportion-

nelles aux quantités h et h' de pigment contenues dans un volume égal des deux liquides :

$$\frac{e}{e'} = \frac{h'}{h} \text{ d'où } h' = \frac{eh}{e'}$$

On compare les colorations des deux liquides au moyen d'appareils appelés colorimètres. Ils sont disposés de telle sorte qu'il est possible de recevoir respectivement dans la moitié droite et gauche du champ visuel la lumière qui a traversé les deux solutions considérées, de façon à obtenir l'égalité des colorations. Une simple lecture sur une graduation de l'appareil donne les valeurs e et e' ; on connaît h , si l'on emploie une solution titrée d'hémoglobine.

Pratiquement, on fait la détermination sur du sang oxygéné, dilué et laqué par l'addition d'eau en quantité mesurée, et on se sert, comme solution titrée, d'une solution d'oxyhémoglobine, de carmin, ou l'on peut enfin substituer à ces solutions des verres colorés.

Le sang doit être oxygéné à saturation pour que tout son pigment soit à l'état d'oxyhémoglobine. Le sang doit être dilué, car la quantité de pigment contenue dans le sang normal est trop considérable pour se laisser traverser par la lumière sous une épaisseur mesurable. Enfin, le sang doit être laqué, car ce n'est qu'après laquage qu'il devient transparent.

On a trouvé qu'en général la quantité d'hémoglobine contenue dans le sang est proportionnelle, pour une espèce donnée, au nombre des hématies : c'est-à-dire que la richesse des globules rouges en hémoglobine est presque toujours constante.

La valeur hémoglobinique d'un globule rouge s'obtient en divisant la quantité d'hémoglobine contenue dans un volume donné de sang par le nombre des hématies contenues dans le même volume de sang.

Chez l'homme, 100 centimètres cubes de sang contiennent

13 grammes d'hémoglobine; donc 1 millimètre cube contient 0 gr. 00013.

Le nombre des hématies contenues dans 1 millimètre cube est environ 5.000.000; donc 1 hématie contient environ

$\frac{0 \text{ gr. } 00013}{5.000.000}$ soit, 0,00000000026 grammes d'hémoglobine.

Désireux de nous rendre compte de l'action de l'obscurité sur le nombre et la qualité des hématies, nous nous sommes adressé à des poissons, des tortues, des grenouilles, des lapins, des cobayes, des pigeons, etc.; ce sont les résultats de nos expériences que nous allons exposer maintenant.

Recherches concernant l'action comparative de la lumière et de l'obscurité sur la quantité et la qualité des hématies.

I. — RECHERCHES SUR LES ANIMAUX HOMÉOTHERMES

Sujets d'expériences. — Les animaux homéothermes que nous avons utilisés pour nos expériences ont été : le **lapin**, le **cobaye**, le **rat**, le **poulet** et le **pigeon**.

Technique suivie pour la numération des globules rouges et le dosage de l'hémoglobine. — Nous avons utilisé pour tous nos dosages d'hémoglobine et pour toutes nos numérations de globules rouges les méthodes que nous avons décrites au début du précédent chapitre.

Conditions dans lesquelles ont été faites les expériences. — Nous avons déjà exposé dans notre précédent chapitre à propos de nos recherches concernant l'action de l'obscurité sur la température animale, les conditions dans lesquelles nos expériences avaient été faites, aussi nous y renvoyons le lecteur. Pour ce qui est du séjour de nos animaux à l'obscurité, il a été en général toujours de deux à trois mois, excepté pour nos

rats, dont le séjour à l'obscurité n'a été que de quatre semaines; ajoutons que nos dosages et nos numérations ont été faites toujours en même temps sur l'animal séjournant à la lumière et sur celui séjournant à l'obscurité.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES

1° *Expériences faites sur le lapin.*

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

Deux lapins ont été placés comparativement l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité, pendant une durée de deux mois.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération	3.580.000
2 ^e —	3.800.000
3 ^e —	3.410.000
4 ^e —	3.970.000

Moyenne : 3.690.000.

Dosage de l'hémoglobine : 14.

B. — Animal à l'obscurité

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération	4.520.000
2 ^e —	4.600.000
3 ^e —	4.180.000
4 ^e —	4.765.000

Moyenne : 4.516.000.

Dosage de l'hémoglobine : 18.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE

Deux lapins sont placés comparativement l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité, pendant une durée de deux mois.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération	3.810.000
2 ^e —	3.760.000
3 ^e —	4.100.000
4 ^e —	3.940.000

Moyenne : 3.902.000.

Dosage de l'hémoglobine : 14.

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération	4.970.000
2 ^e —	4.765.000
3 ^e —	4.830.000
4 ^e —	4.980.000

Moyenne : 4.886.000.

Dosage de l'hémoglobine : 18.

TROISIÈME EXPÉRIENCE

Deux lapines sont placées comparativement l'une à la lumière, l'autre à l'obscurité, pendant une période de trois mois.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération	3.560.000
2 ^e —	3.810.000
3 ^e —	3.740.000
4 ^e —	3.960.000

Moyenne : 3.767.000.

Dosage de l'hémoglobine : 14.

(Prise de sang dans la carotide.)

1 ^{re} numération	3.320.000
2 ^e —	3.680.000
3 ^e —	3.920.000
4 ^e —	3.760.000

Moyenne : 3.670.000.

Dosage de l'hémoglobine : 14.

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

1 ^{re} numération	3.880.000
2 ^e —	3.970.000
3 ^e —	4.210.000
4 ^e —	3.980.000

Moyenne : 4.010.000.

Dosage de l'hémoglobine : 18.

(Prise de sang faite dans la carotide.)

1 ^{re} numération	4.765.000
2 ^e —	3.980.000
3 ^e —	3.970.000
4 ^e —	4.010.000

Moyenne : 4.060.000.

Dosage de l'hémoglobine : 18.

2^e Expériences faites sur le cobaye.

Deux cobayes femelles sont placées, pendant trois mois, l'une à la lumière, l'autre à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		5.780.000
2 ^e	—	5.810.000
3 ^e	—	5.600.000
4 ^e	—	5.890.000

Moyenne : 5.770.000.

Dosage de l'hémoglobine : 16.

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

1 ^{re} numération		5.800.000
2 ^e	—	5.860.000
3 ^e	—	5.900.000
4 ^e	—	5.710.000

Moyenne : 5.817.000.

Dosage de l'hémoglobine : 16.

3^o Expériences faites sur le rat.

Six rats ont été laissés comparativement, pendant un mois, trois à la lumière et trois à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

(Sang obtenu par la section de la queue.)

Numération des globules rouges :

5.980.000.

Dosage de l'hémoglobine : 17.

B. — Animal à l'obscurité.

(Sang obtenu par la section de la queue.)

Numération des globules rouges :

6.370.000.

Dosage de l'hémoglobine : 16.

4° Expériences faites sur le coq.

Deux coqs ont été laissés, pendant trois mois, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

(Sang pris dans la veine marginale de l'aile.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		2.350.000
2 ^e —		2.230.000
3 ^e —		2.580.000
4 ^e —		2.120.000

Moyenne : 2.320.000.

Dosage de l'hémoglobine : 18.

B. — Animal à l'obscurité.

(Sang pris dans la veine marginale de l'aile.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		2.420.000
2 ^e —		2.380.000
3 ^e —		2.410.000
4 ^e —		2.360.000

Moyenne : 2.390.000.

Dosage de l'hémoglobine : 18.

5° *Expériences faites sur le pigeon.*

Deux pigeons ont été placés comparativement l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité, pendant une période de deux mois.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite dans la veine marginale de l'aile.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		2.570.000
2 ^e —		2.920.000
3 ^e —		2.700.000
4 ^e —		2.980.000

Moyenne : 2.780.000.

Dosage de l'hémoglobine : 20.

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite dans la veine marginale de l'aile.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		3.000.000
2 ^e —		3.580.000
3 ^e —		3.580.000
4 ^e —		2.990.000

Moyenne : 3.287.000.

Dosage de l'hémoglobine : 20.

II. — RECHERCHES SUR LES ANIMAUX POIKILOTHERMES

Les sujets d'expériences ont été le poisson, la grenouille, la tortue.

La technique et les conditions de l'expérimentation ont été les mêmes que celles suivies par les animaux homéothermes,

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES

1° *Expériences faites sur le poisson.*

Les expériences ont été faites sur le poisson rouge, à cause de la facilité de se procurer cet animal et surtout de sa vitalité. Elles ont porté sur quatre sujets, dont deux étaient placés à la lumière et deux à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

(Sang obtenu par la section de la queue.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		860.000
2 ^e —		800.000
3 ^e —		1.040.000
4 ^e —		850.000
5 ^e —		1.010.000
6 ^e —		960.000

Moyenne : 920.000.

Dosage de l'hémoglobine :

1 ^{er} dosage		9
2 ^e —		8,5
3 ^e —		8,5
4 ^e —		8,5

B. — Animal à l'obscurité.

(Sang obtenu par section de la queue.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		1.020.000
2 ^e —		1.060.000
3 ^e —		970.000
4 ^e —		870.000
5 ^e —		860.000
6 ^e —		970.000

Moyenne : 958.000.

Dosage de l'hémoglobine :

1 ^{er} dosage		9
2 ^e —		9
3 ^e —		8,5
4 ^e —		9

2° *Expériences faites sur la Grenouille.*

Douze grenouilles ont été placées, six à la lumière et six à l'obscurité, pendant une durée de trois mois.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite dans l'artère fémorale.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		290.000
2 ^e —		360.000
3 ^e —		310.000
4 ^e —		280.000

Moyenne : 310.000.

Dosage de l'hémoglobine : 7.

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise du sang faite dans l'artère fémorale.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération		290.000
2 ^e —		270.000
3 ^e —		280.000
4 ^e —		270.000

Moyenne : 277.000.

Dosage de l'hémoglobine : 7.

3° *Expériences faites sur la Tortue.*

Deux tortues ont été placées, l'une à la lumière, l'autre à l'obscurité, pendant une durée de trois mois.

A. — Animal à la lumière.

(Sang obtenu par la section de la tête.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération	610.000
2 ^e —	650.000
3 ^e —	623.000
4 ^e —	618.000

Moyenne : 625.000.

Dosage de l'hémoglobine : 10.

B — Animal à l'obscurité.

(Sang obtenu par la section de la tête.)

Numération des globules rouges :

1 ^{re} numération	690.000
2 ^e —	680.000
3 ^e —	715.000
4 ^e —	670.000

Moyenne : 688.000.

Dosage de l'hémoglobine : 10.

Si l'on résume dans le tableau suivant les résultats obtenus dans nos différentes expériences, on constate que la vie à

ANIMAUX	NUMÉRATION DES GLOBULES ROUGES		HÉMOGLOBINE	
	LUMIÈRE	OBSCURITÉ	LUMIÈRE	OBSCURITÉ
Lapin.	3.902.000	4.886.000	14	18
Cobaye.	5.770.000	5.817.000	16	16
Rat.	5.980.000	6.370.000	17	16
Coq.	2.320.000	2.390.000	18	18
Pigeon	2.780.000	3.280.000	20	20
Tortue	625.000	688.000	10	10
Grenouille	310.000	277.000	7	7
Poisson.	920.000	980.000	9	9

l'obscurité, bien loin de provoquer une diminution du nombre des globules rouges, comme l'ont prétendu Borissoff pour le lapin et Marty pour le rat, semble, au contraire, provoquer une légère augmentation de ceux-ci chez le lapin, et aucune modification appréciable chez les autres animaux.

Nous ne considérons, en effet, qu'il y a une augmentation du nombre des globules rouges que lorsque l'augmentation porte sur plus de trois cent mille globules et qu'elle coïncide avec une augmentation notable de l'hémoglobine, comme c'est le cas, par exemple, pour le lapin.

A côté des recherches faites sur les modifications que pouvait provoquer l'obscurité quant à la quantité et à la qualité des globules rouges du sang, nous nous sommes également demandé quelle pouvait être l'action de l'obscurité sur la résistance globulaire.

Cette question, entièrement nouvelle, et sur laquelle nous n'avons trouvé aucun travail, a fait le sujet d'une série d'expériences dont voici les résultats :

Recherches concernant l'action comparative de la lumière et de l'obscurité sur la résistance globulaire.

On désigne sous le nom de résistance globulaire le degré de résistance que les globules rouges opposent à la destruction dans un liquide hypotonique.

On mesure cette résistance en plaçant les globules dans des solutions hémolysantes déterminées, et en comptant soit le nombre de globules détruits, soit celui des globules qui ont résisté, soit encore en dosant la quantité d'hémoglobine qui a diffusé dans le liquide.

On peut mesurer la destruction en l'observant soit dans une solution unique après des intervalles de temps différents, soit dans des solutions différentes au bout d'un même laps de temps.

Deux causes principales d'erreur peuvent se produire au cours de cette mensuration :

1° On peut avoir des erreurs de numération proprement dites, c'est-à-dire d'appréciation du nombre de globules, mais, en général, cette erreur ne doit pas entrer en ligne de compte pour un observateur exercé et attentif. Elle ne doit pas, en tout cas, dépasser 10 pour 100, chiffre négligeable dans la plupart des cas;

2° La plus grosse difficulté, la véritable cause d'erreur, résulte du fait que les globules sont souvent très altérés sans être détruits; on hésite sur ce qu'il faut compter comme globules et ce qu'il convient de laisser de côté comme débris informes.

Nos études concernant la résistance globulaire ont porté sur le lapin, le cobaye, le pigeon, la grenouille et le poisson.

Les conditions d'expérimentation ont été les mêmes que pour notre étude sur le nombre des globules rouges.

Quant à la méthode employée par nous pour apprécier la destruction globulaire, elle a été la suivante :

On fait une première numération du sang dans une solution de sulfate de soude, puis une seconde numération dans une solution formée de parties égales de la solution de sulfate de soude et d'eau, puis une troisième dans un liquide composé d'un tiers de sulfate de soude pour deux tiers d'eau.

Les numérations sont faites au bout d'un quart d'heure.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

Deux lapins sont placés comparativement pendant trois mois, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

3.810.000

Numération faite dans la solution au demi :

2.980.000

Numération faite dans la solution au tiers :

2.860.000

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

4.760.000

Numération faite dans la solution au demi :

2.920.000

Numération faite dans la solution au tiers :

1.890.000

DEUXIÈME EXPÉRIENCE

Deux cobayes sont placés comparativement pendant trois mois, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

5.870.000

Numération faite dans la solution au demi :

4.760.000

Numération faite dans la solution au tiers :

3.960.000

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite à l'oreille.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

5.770.000

Numération faite dans la solution au demi :

3.980.000

Numération faite dans la solution au tiers :

2.800.000

TROISIÈME EXPÉRIENCE

Deux pigeons sont placés comparativement pendant deux mois, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

(Prise de sang dans la veine marginale de l'aile.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

3.150.000

Numération faite dans la solution au demi :

2.060.000

Numération faite dans la solution au tiers :

1.850.000

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang dans la veine marginale de l'aile.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

3.180.000

Numération faite dans la solution au demi :

2.390.000

Numération faite dans la solution au tiers :

1.080.000

QUATRIÈME EXPÉRIENCE

Douze grenouilles sont placées comparativement pendant deux mois, six à la lumière et six à l'obscurité.

A. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite dans l'artère fémorale.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

290.000

Numération faite dans la solution au demi :

360.000

Numération faite dans la solution au tiers :

290.000

B. — Animal à l'obscurité.

(Prise de sang faite dans l'artère fémorale.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

180.000

Numération faite dans la solution au demi :

170.000

Numération faite dans la solution au tiers :

230.000

CINQUIÈME EXPÉRIENCE

Quatre poissons rouges sont placés comparativement, deux à la lumière et deux à l'obscurité pendant trois mois.

A. — Animal à la lumière.

(Sang obtenu par section de la queue.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

930.000

Numération faite dans la solution au demi :

850.000

Numération faite dans la solution au tiers :

720.000

B. — Animal à l'obscurité.

(Sang obtenu par section de la queue.)

Numération faite dans la solution de sulfate de soude :

980.000

Numération faite dans la solution au demi :

820.000

Numération faite dans la solution au tiers :

760.000

Si nous analysons les résultats obtenus au cours de nos différentes numérations, une conclusion s'impose.

L'obscurité diminue dans tous les cas la résistance globulaire ; un seul animal semble faire exception, c'est la grenouille ; chez cet animal, en effet, non seulement nous ne constatons aucune différence entre la lumière et l'obscurité, mais pour un même sujet, celui exposé à la lumière par exemple, les résultats fournis par nos différentes numérations ne permettent aucune conclusion. C'est ainsi que, dans la solution mère, nous ne trouvons que 290.000 globules, tandis que la solution au demi en contient 360.000.

Nous avons cherché l'explication de ce phénomène et en complétant nos numérations par des recherches sur l'hémoglobine, nous avons pu constater que l'hémolyse ne se produit pas et que les globules restent en suspension dans la solution sans subir de destruction globulaire.

Il faut donc admettre que les résultats obtenus chez cet animal sont dus à une résistance particulière de ses globules vis-à-vis des solutions hypotoniques.

Au cours de nos recherches sur les globules rouges, nous avons eu l'occasion d'enregistrer la pression sanguine chez deux lapins qui avaient été placés comparativement, l'un à l'obscurité, l'autre à la lumière, pendant une durée de deux

mois; comme le montrent les tracés obtenus, il ne semble pas que l'obscurité joue un rôle sur la pression sanguine; la différence entre les deux tracés étant très faible et devant être attribuée à des différences individuelles (fig. 1).

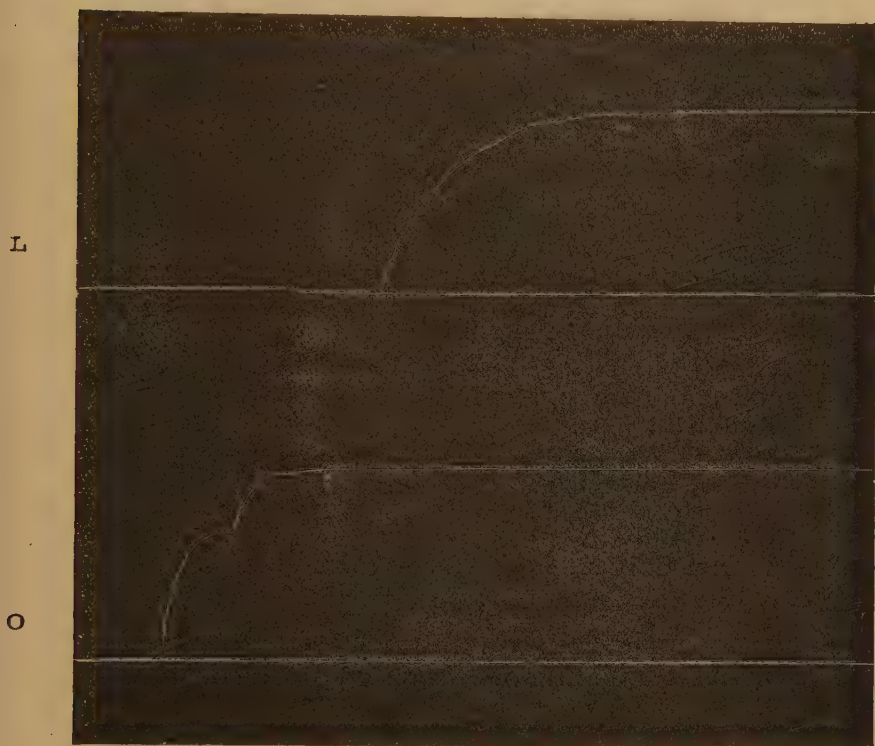


FIG. 1. — Courbes de pression artérielle de lapin prises à la lumière (L) et à l'obscurité (O).

Enfin, nous avons eu l'occasion de faire des dosages du sucre dans le sang, dosages dont nous parlerons en détail au cours du prochain chapitre.

Si nous résumons brièvement les résultats obtenus dans nos diverses expériences sur le sang, nous voyons que, contrairement à ce qui était précédemment admis, l'obscurité ne pro-

duit pas de modifications du nombre des globules rouges, mais qu'en particulier, pour ce qui est du lapin, elle semble produire le phénomène inverse ; on constate, en outre, une diminution de la résistance globulaire, la destruction des globules est plus grande dans les solutions hypotoniques chez les animaux ayant séjourné à l'obscurité ; enfin, autant que nous avons pu le vérifier, l'obscurité ne semble pas modifier la pression sanguine.

CHAPITRE IV

DE L'ACTION COMPARATIVE DE LA LUMIÈRE ET DE L'OBSCURITÉ SUR LA CROISSANCE ET LA NUTRITION

Deux auteurs ont particulièrement étudié l'action de l'obscurité sur la croissance et la nutrition. Bien qu'ayant déjà parlé de leurs travaux au cours de notre historique, nous rappelons brièvement leurs recherches ici, car le résultat de nos expériences ne concorde pas avec les leurs.

W. Edwards expérimentant chez la grenouille constata que lorsque l'on place comparativement à la lumière et à l'obscurité des pontes de grenouilles, celles qui sont exposées à l'obscurité ne tardent pas à périr, tandis que celles qui sont exposées à la lumière se développent normalement.

Des têtards placés dans des conditions identiques se développent plus rapidement à la lumière qu'à l'obscurité.

Borisoff, lui, expérimenta sur le lapin : cet auteur prit six jeunes lapins à peu près du même poids et les mit huit jours dans des mêmes conditions d'expérience (alimentation, aération, éclairage, etc.) ; au bout de ce temps, il les repesa et mit dans une cage obscure les trois lapins qui avaient le plus augmenté de poids, et dans une cage claire les trois autres, c'est-à-dire ceux dont l'augmentation de poids avait été moins accusée ; les autres conditions de l'expérience étant restées les mêmes.

Les pesées régulières faites pendant trois semaines ont alors montré ceci :

Les lapins mis dans la cage obscure ont tout d'abord (pendant les premiers huit jours) présenté une augmentation de poids plus grande que celle des lapins à la lumière. Mais, dans le courant des quinze jours suivants, les lapins éclairés arrivèrent au poids des premiers et finalement les dépassèrent. En effet, à la fin de l'expérience, l'augmentation des lapins gardés à l'obscurité était de 157 grammes en moyenne, tandis que pour les lapins éclairés elle était de 252 grammes.

Nous avons repris les expériences de ces auteurs en les complétant par des recherches sur d'autres animaux. Nos études ont porté sur la grenouille, la tortue, le poulet, le cobaye, le lapin ; pour ce qui est de la grenouille, nous nous sommes adressé à des œufs dont nous avons suivi l'évolution, ainsi qu'à des animaux adultes.

Nos animaux ont été placés dans des conditions rigoureusement semblables pour ce qui concerne l'alimentation, l'aération, la température, la dimension des cages, etc.

Nous avons veillé à ce que la nourriture soit rigoureusement la même en quantité et en qualité ; celle-ci a été pesée régulièrement chaque matin avant d'être donnée aux animaux. Nous avons également pesé les déchets alimentaires pouvant rester de la veille.

En un mot, nous avons placé nos animaux dans des conditions rigoureusement identiques sauf en ce qui concerne l'élément lumière. Voici l'exposé de nos expériences :

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

Dans cette expérience nous avons étudié l'action de l'obscurité sur la croissance et la nutrition chez la grenouille.

A cet effet, nous nous sommes adressé d'une part à des pontes, dont nous avons suivi l'évolution, d'autre part à des

animaux adultes. Nous allons donc examiner séparément chacun de ces deux cas.

**A. — Action de l'obscurité sur l'évolution
des pontes de grenouilles.**

Nous avons pu nous procurer au début de mars 1918, trois pontes de grenouilles que nous avons partagées en deux, de manière à avoir deux lots d'œufs ayant le même âge; un de ces lots a été placé à la lumière, le second à l'obscurité. Notre installation fut faite le 15 mars 1918; huit jours après, on pouvait déjà voir de jeunes têtards provenant des œufs les plus avancés, tandis que les autres présentaient des signes manifestes de leur évolution. L'obscurité n'avait provoqué aucune modification et les œufs qui y étaient placés avaient évolué, comme ceux situés à la lumière. Nous avons continué à suivre l'évolution de nos animaux; fin avril, on constatait une première différence consistant en ce fait que les têtards placés à l'obscurité grossissaient plus que ceux séjournant à la lumière. Dans les premiers jours de mai, leur taille était environ le double de celle des têtards exposés à la lumière.

Enfin, le 8 juin, on pouvait constater l'apparition des pattes chez les têtards à l'obscurité tandis que cette constatation ne fut faite que le 26 juin pour ceux placés à la lumière.

Cette expérience nous montre donc d'une manière indiscutable que des œufs de grenouille peuvent évoluer à l'obscurité et que l'absence de l'agent lumineux non seulement n'entrave en rien leur développement, mais au contraire semble le favoriser puisque les têtards placés à l'obscurité augmentent plus rapidement de taille et présentent des pattes bien avant ceux séjournant à la lumière.

B. — Action de l'obscurité sur la nutrition chez la grenouille.

Nous avons pris douze grenouilles et en avons placé six à la lumière et six à l'obscurité, puis, nous les avons laissées

ainsi deux mois sans nourriture en nous bornant à les peser régulièrement toutes les semaines ; les poids que l'on trouvera ici représenteront donc la dénutrition résultant pour ces animaux de l'absence de nourriture. Les poids donnés représentent le poids global de six grenouilles.

Poids des grenouilles à la lumière :

25 juillet 1917		186 grammes.
30 —		179 —
6 août 1917		173 —
13 —		165 —
20 —		165 —
27 —		151 —
3 septembre 1917		149 —
10 —		146 —
17 —		143 —
24 —		140 —

Poids des grenouilles à l'obscurité :

25 juillet 1917		180 grammes.
30 —		180 —
6 août 1917		179 —
13 —		177 —
20 —		175 —
27 —		169 —
3 septembre 1917		168 —
10 —		166 —
17 —		165 —
24 —		165 —

Comme le montrent clairement les chiffres ci-dessus, représentant les diminutions de poids de nos animaux, cette diminution a été beaucoup plus prompte et beaucoup plus considérable pour l'animal placé à la lumière que pour celui séjournant à l'obscurité.

On peut donc conclure de notre expérience :

1^o Que l'obscurité n'entrave, ni ne modifie l'évolution et les métamorphoses des pontes de grenouilles, mais au contraire semble les favoriser ;

2^o Que lorsqu'on laisse séjourner un certain temps, sans nourriture, des grenouilles, la perte de poids est plus rapide et plus considérable pour les animaux exposés à la lumière que pour ceux placés à l'obscurité.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE

Désireux de multiplier autant que possible les expériences, afin d'avoir une vue d'ensemble de cette question nous ne nous sommes pas seulement adressé aux animaux ayant déjà servi à des expériences précédentes, mais nous avons expérimenté sur la plus grande variété possible de sujets.

Ayant pu nous procurer deux tortues, nous en avons placé une à la lumière et l'autre à l'obscurité et leur avons donné la même quantité de nourriture consistant exclusivement en feuilles de salade.

Voici les résultats obtenus :

A. — Animal à la lumière.

	Poids
25 juillet 1917	99 grammes.
30 —	98 —
6 août 1917	98 —
13 —	99 —
20 —	99 —
27 —	99 —
3 septembre 1917	100 —
10 —	100 —
17 —	100 —
24 —	100 —

B. — Animal à l'obscurité.

	Poids
	—
25 juillet 1917	223 grammes.
30 —	223 —
6 août 1917	224 —
13 —	224 —
20 —	224 —
27 —	225 —
3 septembre 1917	225 —
10 —	224 —
17 —	226 —
24 —	226 —

Si l'on compare les chiffres obtenus dans nos différentes pesées, on constate que l'animal placé à l'obscurité a pris légèrement plus de poids que celui placé à la lumière ; toutefois, cette différence est tellement minime qu'il est difficile d'en tirer des conclusions.

En résumé, pour nos animaux poïkilothermes, nous constatons : chez la grenouille, une plus grande perte de poids à la lumière qu'à l'obscurité lorsque les animaux restent sans nourriture ; chez la tortue, une augmentation de poids légèrement plus forte pour l'animal à l'obscurité (3 grammes) que pour celui resté à la lumière (1 gramme).

TROISIÈME EXPÉRIENCE

Dans cette expérience, nous avons utilisé le poulet. Ici, nous nous sommes heurté, au début, à une difficulté pratique résultant de deux faits :

- 1° L'animal placé à l'obscurité n'étant plus guidé par la vue, a de la peine à trouver sa nourriture ;
- 2° L'animal disperse avec son bec les graines servant à sa

nourriture et rend ainsi impossible toute évaluation de la quantité de nourriture absorbée.

Nous avons paré à cette double difficulté en introduisant dans chaque cage une caisse à bords élevés; celle-ci guide l'animal dans la recherche de sa nourriture et les bords de la caisse empêchent les grains de s'éparpiller, permettant ainsi une évaluation de la nourriture absorbée; celle-ci a consisté en maïs et en blé noir.

La quantité de nourriture donnée à chaque animal a été rigoureusement la même. Voici les résultats des pesées :

A. — Animal à la lumière.

	Poids
25 juillet 1917	291 grammes.
30 —	292 —
6 août 1917	292 —
13 —	296 —
20 —	315 —
27 —	361 —
3 septembre 1917	389 —
10 —	406 —
17 —	448 —
24 —	495 —

B. — Animal à l'obscurité.

25 juillet 1917	334 grammes.
30 —	336 —
6 août 1917	350 —
13 —	354 —
20 —	360 —
27 —	410 —
3 septembre 1917	460 —
10 —	498 —
17 —	535 —
24 —	580 —

Si l'on compare les chiffres que nous venons de citer, on constate, de même que dans l'expérience précédente, une augmentation de poids plus rapide pour l'animal placé à l'obscurité que pour celui séjournant à la lumière.

En effet, tandis que notre poulet placé à la lumière a augmenté de 204 grammes dans l'espace de deux mois, celui placé à l'obscurité a pris 246 grammes, soit 40 grammes en plus.

Il est évident que cette différence est faible; cette expérience à elle seule ne permettrait aucune conclusion, c'est sa concordance avec les résultats obtenus dans la précédente qui lui donne de la valeur; ceci montre l'importance qu'il y a à multiplier les expériences et à ne pas se borner à un fait isolé.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE

Si, dans les deux dernières expériences, nous avons vu nos animaux augmenter plus rapidement de poids lorsqu'ils étaient placés à l'obscurité, ce fait se montre d'une manière encore plus frappante dans cette expérience qui porte sur deux cobayes, dont l'un était placé à l'obscurité, et l'autre à la lumière :

Voici les résultats de nos pesées.

A. — Animal à la lumière.

	Poids
25 juillet 1917	281 grammes.
30 —	291 —
6 août 1917	300 —
13 —	318 —
20 —	337 —
27 —	346 —
3 septembre 1917	371 —
10 —	383 —
17 —	395 —
24 —	420 —

B. — Animal à l'obscurité.

	Poids
25 juillet 1917	248 grammes.
30 —	287 —
6 août 1917	309 —
13 —	353 —
20 —	380 —
27 —	456 —
3 septembre 1917	463 —
10 —	471 —
17 —	492 —
24 —	507 —

Comme on peut le constater par un simple examen de nos résultats, tandis que le cobaye placé à la lumière a pris, en deux mois, 139 grammes, celui placé à l'obscurité a pris, dans le même laps de temps, une augmentation de 259 grammes.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE

Dans cette expérience, nous nous sommes adressé aux lapins et avons placé deux sujets, l'un à la lumière et l'autre à l'obscurité.

Voici les résultats de nos pesées :

A. — Animal à la lumière.

	Poids
25 juillet 1917	2.252 grammes.
30 —	2.280 —
6 août 1917	2.297 —
13 —	2.342 —
20 —	2.360 —
27 —	2.460 —
3 septembre 1917	2.460 —
10 —	2.465 —
17 —	2.471 —
24 —	2.475 —

B. — Animal à l'obscurité.

	Poids
25 juillet 1917	1.852 grammes.
30 —	2.038 —
6 août 1917	2.101 —
13 —	2.201 —
20 —	2.234 —
27 —	2.367 —
3 septembre 1917	2.464 —
10 —	2.532 —
17 —	2.539 —
24 —	2.564 —

Un simple examen de nos chiffres nous montre que, pour le lapin comme pour les autres animaux, l'augmentation de poids est plus grande pour l'animal à l'obscurité que pour celui à la lumière. En effet, le premier prend 712 grammes, tandis que le second n'en prend que 223 dans le même laps de temps; ces résultats sont intéressants, car ils nous montrent que, contrairement à ce qui avait été affirmé avant nous, d'une part, l'obscurité n'entrave pas la croissance, celle-ci se poursuit comme si aucune modification n'avait été apportée dans les conditions extérieures; d'autre part, que l'augmentation de poids pour deux animaux soumis à un même régime alimentaire, est plus considérable chez l'animal placé à l'obscurité que chez celui séjournant à la lumière.

La constatation de cette augmentation rapide de poids à l'obscurité, nous a amené à nous demander quelle pouvait être l'influence de l'obscurité sur les réserves animales. A cet effet, nous avons procédé à une série de dosages du glycogène dans le foie. On connaît la relation étroite existant entre le glycogène du foie et la teneur en sucre du sang.

Nous y avons pensé et avons fait également des dosages du sucre dans le sang; ce sont les résultats de ces dosages que nous allons exposer maintenant.

Recherches de l'action de l'obscurité sur le glycogène et la glycose.

On trouve dans l'organisme deux hydrocarbones principaux : le glycogène, essentiellement localisé dans les cellules et plus particulièrement dans la cellule hépatique et dans les fibres musculaires.

La glycose, qui est essentiellement localisée dans les liquides organiques et surtout dans le plasma sanguin.

La quantité de glycose du sang est très constante, très indépendante des conditions physiologiques; elle oscille entre 1 gramme et 1 gr. 5 pour 1.000 centimètres cubes de sang. La quantité de glycogène de l'organisme, et plus particulièrement du foie, est, par contre, essentiellement et rapidement variable.

Le foie d'un animal (lapin, poule, etc.), nourri abondamment et ayant surtout reçu une alimentation riche en hydrocarbones, peut contenir une quantité de glycogène égale à 8 ou 10 pour 100 du poids de l'organe frais, soit 5 pour 100 du poids de l'organe sec.

La quantité de glycogène du foie est très variable, elle diminue notamment dans l'intervalle des repas, elle diminue considérablement et tend à disparaître sous l'influence du jeûne, du travail musculaire, du froid, etc.

Les dosages ont été faits dans nos expériences par les méthodes suivantes :

1° Pour le dosage du sucre dans le sang, nous nous sommes servi de la méthode connue par la liqueur de Fehling;

2° Pour le dosage du glycogène dans le foie, on fait bouillir le tissu hépatique haché un grand nombre de fois, avec une nouvelle quantité d'eau pour dissoudre la totalité du glycogène.

Les extraits aqueux ainsi obtenus sont réunis et concentrés à l'ébullition, puis débarrassés des substances protéiques qu'ils contiennent au moyen de la liqueur de Brücke et de l'acide

chlorhydrique ajouté après refroidissement du liquide, car, à chaud, l'acide chlorhydrique risquerait de transformer une partie du glycogène en sucre. Le glycogène est ensuite précipité par l'alcool à 95 pour 100, puis lavé à l'alcool à 95 pour 100 et à l'éther.

Enfin, il est desséché dans le vide jusqu'à poids constant et pesé.

Voici les résultats de nos analyses :

1^o Grenouille.

Premier dosage.

Ce dosage a été fait sur douze grenouilles, dont six ont séjourné à la lumière et six à l'obscurité, sans recevoir aucune nourriture pendant deux mois.

A. — Animaux à la lumière.

Glycogène : 4,66 pour 1.000.

Pas de dosage de sucre.

B. — Animaux à l'obscurité.

Glycogène : 15 pour 1.000

Pas de dosage de sucre.

Deuxième dosage.

Il porte sur le même nombre d'animaux, les conditions de l'expérimentation sont les mêmes avec cette seule différence que les sujets sont restés les uns à la lumière, les autres à l'obscurité, pendant une durée de trois mois, avant d'être sacrifiés. Ici, aussi, la quantité de sang étant trop faible pour permettre un dosage, on s'est contenté de celui du glycogène.

A. — Animal à la lumière.

Glycogène : traces indosables.

Pas de dosage de sucre.

B. — Animal à l'obscurité.

Glycogène : 16,25 pour 1.000.

Pas de dosage de sucre.

2° Tortue.

A. — Animal à la lumière.

Glycogène : 25 pour 1.000.

Sucre : traces indosables.

B. — Animal à l'obscurité.

Glycogène : 16,8 pour 1.000

Sucre : traces indosables.

Il faut noter ici, à propos des dosages faits chez la tortue, que nos deux animaux n'avaient pas le même âge, la tortue exposée à la lumière étant la plus jeune des deux; en outre, les dosages ont été faits à une période où ces animaux entrent en hibernation. Nous nous sommes donc trouvé en présence de deux circonstances défavorables à une bonne expérimentation. Et nos animaux ne se sont pas trouvés dans des conditions de déterminisme aussi favorables qu'il aurait fallu.

Nous aurions désiré refaire cette expérience, malheureusement les tortues viennent de Grèce et les circonstances actuelles ne nous ont pas permis de nous procurer d'autres de ces animaux devenus subitement rares sur le marché.

3° Cobaye.

Les animaux ont séjourné deux mois, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

Glycogène : 2,86 pour 1.000.

Sucre : 1,32 pour 1.000.

B. — Animal à l'obscurité.

Glycogène : 15,2 pour 1.000.

Sucre : 1,44 pour 1.000.

4° Lapin.

Premier dosage

Il a été fait chez deux lapins ayant séjourné pendant deux mois, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité.

A. — Animal à la lumière.

Glycogène : 38.870 pour 1.000.

Sucre : 0.980 pour 1.000.

B. — Animal à l'obscurité.

Glycogène : 1,470 pour 1.000.

Sucre : 0,927 pour 1.000.

Il importe de faire remarquer ici que le lapin ayant séjourné à l'obscurité était atteint de tuberculose millièrè et avait le foie rempli de tubercules; cela explique la faible proportion de glycogène trouvée à l'analyse; le lapin étant un animal facile à se procurer, nous avons refait les dosages; les voici :

Deuxième dosage.

Mêmes conditions que pour le dosage précédent.

A. — Animal à la lumière.

Glycogène : 1,77 pour 1.000.

Sucre : 1 pour 1.000.

B. — Animal à l'obscurité.

Glycogène : 11 pour 1.000.

Sucre : 1,046 pour 1.000.

Troisième dosage.

Mêmes conditions d'expérimentation.

A. — Animal à la lumière.

Glycogène : 5,424 pour 1.000.

Sucre : 1,101 pour 1.000.

B. — Animal à l'obscurité.

Glycogène : 10 pour 1.000.

Sucre : 0,714 pour 1.000.

Comme le montrent d'une manière frappante les résultats de nos dosages que nous résumons dans les tableaux suivants, nous observons ce fait que les pesées effectuées sur nos animaux faisaient prévoir, c'est-à-dire une augmentation considérable des réserves glycogéniques chez l'animal placé à l'obscurité.

Glycogène.

ANIMAUX	LUMIÈRE	OBSCURITÉ
Grenouille. . .	4 gr. 46	15 grammes
Tortue.	25 grammes	16 gr. 8
Cobaye.	2 gr. 86	15 gr. 2
Lapin	1 gr. 77	11 grammes

Glycose.

ANIMAUX	LUMIÈRE	OBSCURITÉ
Tortue.	traces	traces
Cobaye.	1 gr. 32	1 gr. 44
Lapin	1 gramme	1 gr. 046

Nous pouvons donc conclure que, contrairement à ce qui était admis jusqu'ici, on constate, chez les animaux, une

augmentation plus rapide du poids à l'obscurité qu'à la lumière.

A cette augmentation du poids correspond une augmentation plus rapide des réserves glycogéniques. Enfin, bien que la glycose soit un élément essentiellement stable, on constate une très légère augmentation de celle-ci pour l'animal placé à l'obscurité.

L'obscurité a-t-elle une action sur la régénération des membres chez les animaux ? Le fait que la croissance est plus rapide à l'obscurité pouvait le faire supposer.

Afin d'élucider cette question, nous avons placé, au début d'avril 1918, trois salamandres à l'obscurité et trois à la lumière après leur avoir fait subir diverses mutilations consistant dans l'ablation des doigts, d'une patte ou de la queue.

Fin juin, on pouvait constater chez les salamandres placées à l'obscurité, la régénération totale des doigts, des pattes, ainsi que l'apparition d'un bourgeon caudal tandis qu'il n'y avait aucune trace de régénération chez les salamandres placées à la lumière.

CHAPITRE V

DE L'ACTION COMPARATIVE DE LA LUMIÈRE ET DE L'OBSCURITÉ SUR LA DIURÈSE

Nous avons constaté, au cours du précédent chapitre, que lorsqu'on laisse séjourner comparativement des animaux à l'obscurité et à la lumière sans leur donner de nourriture, les dépenses de l'organisme sont plus faibles pour ceux résidant à l'obscurité que pour ceux séjournant à la lumière.

En effet, nous avons vu pour les grenouilles que les pertes de poids et que la diminution des réserves glycogéniques du foie étaient plus fortes à la lumière qu'à l'obscurité.

Cette constatation nous a amené à nous demander quelle pouvait être l'action de l'obscurité sur la miction et sur l'élimination de certaines substances telles que les phosphates et l'urée.

Ces recherches ont un intérêt tout particulier, car on peut se demander, à la suite de nos expériences précédentes, si l'obscurité ne ralentit pas les échanges organiques.

Le dosage des phosphates a été fait volumétriquement. Le principe de la méthode est le suivant : une solution chaude de phosphate contenant de l'acide acétique libre, donne, par addition d'une solution d'un sel d'urane, un précipité blanc jaunâtre de phosphate d'urane insoluble dans l'acide acétique, mais soluble dans les acides minéraux.

Une solution de ferrocyanure de potassium additionnée d'une solution de sel d'urane, donne soit un précipité brun rougeâtre, soit un liquide brun rougeâtre selon les circonstances.

Si une solution contient à la fois de l'acide acétique, des phosphates et du ferrocyanure de potassium, le sel d'urane précipite d'abord uniquement des phosphates, sans agir sur le ferrocyanure de potassium, et ce n'est que lorsque la précipitation des phosphates est totale qu'il donne une coloration ou une précipitation brune de ferrocyanure d'urane. On voit que pour faire un dosage des phosphates il faut :

1° Opérer à chaud.

2° Opérer en l'absence d'acide acétique libre.

3° Opérer en l'absence d'acides minéraux libres, pour éviter la redissolution par ces acides du précipité de phosphate d'urane, condition nécessaire qu'on réalise en additionnant la liqueur d'acétate de soude en grand excès. On sait en effet que l'acétate de soude en présence d'acides minéraux est décomposé en acide acétique libre et en sel à acide minéral; en d'autres termes, que les acides minéraux chassent l'acide acétique de ses combinaisons salines.

4° Faire tomber goutte à goutte une solution titrée d'acétate d'urane et mettre de temps en temps une goutte en présence de ferrocyanure de potassium jusqu'à ce qu'elle donne une teinte brun rougeâtre.

Pour pratiquer le dosage des phosphates, il faut connaître le titre de la solution d'urane. Pour connaître ce titre, on procède au dosage volumétrique d'une solution de phosphate de soude contenant une quantité connue de phosphate de soude calciné. On détermine ainsi la quantité de solution d'acétate d'urane nécessaire pour précipiter totalement le phosphate contenu dans un volume donné de la solution de phosphate de soude calciné, et on en déduit par un calcul simple le titre de la solution d'urane.

La solution d'acétate d'urane préparée est telle que 20 centimètres cubes correspondent à 0 gr. 100 d'anhydride phosphorique P_2O_5 . Supposons que la titration de cette solution ait conduit exactement à ce résultat.

Pour doser les phosphates de l'urine, on mélange, dans un

verre cylindrique de Bohême, 50 centimètres cubes d'urine filtrée et 5 centimètres cubes de la solution acétique d'acétate de soude et on chauffe au bain-marie bouillant; on fait tomber goutte à goutte la solution d'acétate d'urane, il se forme un précipité augmentant graduellement. Lorsque ce précipité ne semble plus augmenter, on mélange dans une petite capsule de porcelaine bien blanche une goutte de la solution de ferrocyanure de potassium et une goutte de mélange analysé : s'il se produit une teinte rouge brun on a ajouté à l'urine un excès d'acétate d'urane; sinon on ajoute encore à l'urine quelques gouttes de la solution d'urane et on recommence l'essai, jusqu'à ce que cet essai donne lieu à la coloration rouge brun. Au moment où commence à se montrer cette coloration, la précipitation des phosphates est totale. Supposons que pour précipiter totalement les phosphates contenus dans 50 centimètres cubes d'urine, il faille ajouter 24 centimètres cubes de la solution d'acétate d'urane. Nous savons que 1 centimètre cube correspond à 5 milligrammes P_2O_5 ; donc 50 centimètres cubes contiennent 240 milligrammes, et 1 litre contient 2 gr. 4 P_2O_5 .

Pour faire le dosage de l'urée, nous avons utilisé la méthode à l'hypobromite de soude qui repose sur la décomposition de l'urée en azote et gaz carbonique.

Supposons qu'on ajoute à une solution d'urée, à de l'urine par exemple, un grand excès d'hypobromite de soude et de lessive de soude caustique. L'urée se décompose en gaz carbonique et azote. Le gaz carbonique est retenu par la lessive de soude caustique et l'azote est mis en liberté seul. On admet, mais cela est loin d'être rigoureusement exact, on admet que, dans ces conditions, les autres substances azotées de l'urine ne fournissent pas d'azote. Si on mesure le volume d'azote dégagé, on peut conclure la quantité correspondante d'urée : 100 grammes d'urée contiennent 46 gr. 66 d'azote; 100 grammes d'azote correspondent à 214 gr. 28 d'urée.

Pratiquement, on peut opérer de la façon suivante : un

tube AB, dit tube d'Yvon, formé de deux parties A et B réunies par un robinet R, graduées en dixièmes de centimètre cube, est placé sur une éprouvette remplie de mercure M. La partie B du tube est remplie de mercure; dans la partie A, on verse l'urine à analyser.

En soulevant le tube de façon que le robinet s'élève au-dessus du mercure M et, en ouvrant ce robinet, on fait pénétrer dans la partie B de l'appareil l'urine dont la quantité a été au préalable mesurée; on verse alors dans la partie A de l'appareil la solution d'hypobromite de soude et, par la même manœuvre que précédemment, on fait pénétrer dans la partie B un volume de cette solution égal à plusieurs fois le volume de l'urine introduite. Le dégagement gazeux se produit; on lit dans la partie B le volume de gaz : soit V ce volume, T la température, h la pression atmosphérique, F la tension maxima de la vapeur d'eau à la température T, α le coefficient de dilatation cubique des gaz; le poids de 1 litre d'azote étant 1 gr. 256, le poids d'azote dégagé est :

$$P = V \times \frac{1}{1 + \alpha T} \times \frac{h - F}{760} \times 1,256,$$

d'où l'on peut calculer le poids d'urée P.

Les résultats que nous avons obtenus en dosant les phosphates et l'urée par les procédés que nous venons d'indiquer, sont les suivants. Ils ont été faits chez deux lapins après un séjour de deux mois, l'un à l'obscurité, l'autre à la lumière.

A. — Animal à la lumière.

I. — PHOSPHATES

Premier dosage.

Poids de l'animal : 2.300 grammes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 775 grammes,

Densité : 1,010,

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 330.

Calculé par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 143.

Deuxième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 340 grammes.

Densité : 1.012.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 520.

Calculé par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 220

Troisième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 302 grammes.

Densité : 1.010.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 271.

Calculé par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 117.

Moyennes.

Quantité d'urine : 472 grammes.

Densité : 1.010 grammes.

Phosphates (en P_2O_5) par kilogramme en 24 heures : 0 gr. 162.

II. — URÉE

Premier dosage.

Poids de l'animal : 2.300 grammes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 340 grammes.

Densité : 1.012.

Urée : 3 gr. 23.

Par kilogramme en vingt-quatre heures : 1 gr. 40.

Deuxième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 302 grammes.

Densité : 1.010.

Urée : 1 gr. 51.

Par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 70.

Troisième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 275 grammes.

Densité : 1.010.

Urée : 1 gr. 50.

Par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 652.

Moyennes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 306 grammes.

Densité : 1.010.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 91.

B. — Animal à l'obscurité.

I. — PHOSPHATES

Premier dosage.

Poids de l'animal : 2.202 grammes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 290 grammes.

Densité : 1.005.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 174.

Par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 78.

Deuxième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 290 grammes.

Densité : 1.008.

Phosphates (en P_2O_5), 0 gr. 17.

Calculé par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 0795.

Troisième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 202 grammes.

Densité : 1.010.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 23.

Calculé par kilogramme en 24 heures : 0 gr. 108.

Moyennes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 227 grammes.

Densité : 1.007.

Phosphates (en P_2O_5).

Calculé par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 3225.

II. — URÉE

Premier dosage.

Poids de l'animal : 2.202 grammes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 290 grammes.

Densité : 1.008.

Urée, 1 gr. 45.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 659.

Deuxième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 202 grammes.

Densité : 1.010.

Urée : 1 gr. 51.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 73.

Troisième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 260 grammes.

Densité : 1.005.

Urée : 1 gr. 56.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 70.

Moyennes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 250⁷/₁₀ grammes.

Densité : 1.007.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 69.

Si l'on compare les chiffres obtenus dans nos différents dosages, on constate plusieurs faits dignes d'intérêt.

En premier lieu, une chose qui frappe immédiatement, c'est la constatation que la quantité d'urine est plus faible pour l'animal à l'obscurité que pour celui à la lumière.

La densité de l'urine de l'animal à l'obscurité serait légèrement plus faible que celle de l'animal à la lumière.

Enfin, pour ce qui est des phosphates et de l'urée, l'élimination des phosphates est nettement plus accusée à l'obscurité qu'à la lumière, tandis que pour l'urée c'est le phénomène inverse qui semble se produire.

CHAPITRE VI

QUELQUES RECHERCHES FAITES SUR L'ANIMAL AVEUGLE CONSIDÉRÉ COMPARATIVEMENT A CELUI PLACÉ A L'OBSCURITÉ

Moleschott, étudiant l'influence de la lumière sur la respiration, constate que l'émission d'acide carbonique par les grenouilles était plus considérable à la lumière qu'à l'obscurité; cet auteur constate également que le réflexe rétinien jouait un rôle dans ce phénomène et que des grenouilles aveugles émettaient moins d'acide carbonique que celles dont les organes visuels étaient intacts.

Ce fait, mis en évidence par Moleschott, nous a amené à nous demander s'il n'en serait pas de même pour les divers phénomènes que nous avons observés au cours de nos expériences.

Dans ce but, nous avons pris trois lapins; l'un d'eux a été aveuglé; à cet effet, nous lui avons détruit les yeux au thermocautère; il a été placé de même qu'un animal normal à la lumière, tandis que le troisième était installé à l'obscurité.

Voici les résultats de cette expérience :

I. — Animal normal.

POIDS

10 février 1918 : 1.967 grammes.

21 mars 1918 : 2.300 grammes,

Glycogène dans le foie : 5.424 grammes pour 1.000.

Sucre dans le sang : 1.101 grammes pour 1.000.

Nombre de globules rouges : 3.704.000.

Hémoglobine : 14.

DOSAGE D'URINE

Premier dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 775 grammes.

Densité : 1.010.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 330.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 143.

Deuxième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 340 grammes.

Densité : 1.012.

Phosphates (et P_2O_5) : 0 gr. 520.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 226.

Urée : 3 gr. 23.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 1 gr. 40.

Troisième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures, 302 grammes.

Densité : 1.010.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 271.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 117.

Urée : 1 gr. 51.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 70.

Quatrième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 275 grammes.

Densité : 1.010.

Urée : 1 gr. 50.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 652.

Moyennes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 423 grammes.

Densité : 1.010.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 162.
Urée par kilogramme en vingt-quatre heures, 0 gr. 91.

II. — Animal aveugle.

POIDS

10 février 1918 : 1.860 grammes.
21 mars 1918 : 1.998 grammes.
Glycogène du foie : 3 gr. 200.
Sucre dans le sang : 0 gr. 978.
Nombre de globules rouges : 3 900.000.
Hémoglobine : 14.

DOSAGE D'URINE

Premier dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 225 grammes.
Densité : 1.005.
Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 2025.
Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 01.

Deuxième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 300 grammes.
Densité : 1.016.
Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 360.
Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 180.
Urée : 1 gr. 30.
Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 650.

Troisième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 275 grammes.
Densité : 1.005.
Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 206.
Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 103.
Urée : 1 gr. 51.
Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 75.

Quatrième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 306 grammes.

Densité : 1.005.

Urée : 2 gr. 62.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 1 gr. 31.

Moyennes.

Quantité d'urine : 276 grammes.

Densité : 1.005.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 097.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 90.

III. — Animal à l'obscurité.

POIDS

10 février 1918 : 1.860 grammes.

21 mars 1918 : 2.202 grammes,

Glycogène dans le foie : 10 grammes.

Sucre dans le sang : 0 gr. 714.

Nombre de globules rouges : 4.586.000

Hémoglobine : 18.

DOSAGES D'URINE

Premier dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 290 grammes.

Densité : 1.005.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 174.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 78.

Deuxième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 290 grammes.

Densité : 1.008.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 17.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 0795.

Urée : 1 gr. 45.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 659.

Troisième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 202 grammes.

Densité : 1.010.

Phosphates (en P_2O_5) : 0 gr. 23.

Posphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 108.

Urée : 1 gr. 51.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 73.

Quatrième dosage.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 260 grammes.

Densité : 1.010.

Urée : 1 gr. 56.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 70.

Moyennes.

Quantité d'urine en vingt-quatre heures : 280 grammes.

Densité : 1.008.

Phosphates par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 322.

Urée par kilogramme en vingt-quatre heures : 0 gr. 69.

Si nous résumons dans un tableau les résultats obtenus dans ces trois expériences, on constate que l'animal aveugle occupe, en ce qui concerne la sécrétion urinaire, la réserve glycogénique du foie et la quantité de sucre du sang, une place intermédiaire entre l'animal normal et celui placé à l'obscurité.

	LAPIN NORMAL	LAPIN AVEUGLE	LAPIN OBSCURITÉ
Nombre de globules . .	»	»	»
Hémoglobine	»	»	»
Glycogène	5 gr. 424	3 gr. 200	10 grammes
Sucre de sang.	1 gr. 101	0 gr. 978	0,71
Quantité d'urine.	423 grammes	276	280
Densité.	1.010	1.005	1.008
Phosphate par kilog. en 24 heures	0,102	0,097	0,3225
Urée par kilog en 24 h.	0,91	0,90	0,69

Ce fait se comprend aisément si l'on tient compte de ce que l'animal aveugle reste constamment immobile et qu'ainsi ses dépenses organiques diminuent.

C'est à cette diminution, résultant d'une moindre activité due à l'absence de la vision, que l'on doit attribuer la diminution de l'élimination de l'acide carbonique signalée par Moleschott, ainsi que la diminution de la sécrétion urinaire constatée par nous chez le sujet aveugle.

C'est également à cette même cause qu'il faut attribuer l'augmentation plus rapide du poids chez l'animal aveugle que chez l'animal normal, ainsi que l'augmentation des réserves glycogéniques.

Doit-on déduire de ce fait que les phénomènes observés chez l'animal placé à l'obscurité sont dus uniquement à la suppression du réflexe rétinien?

Non, assurément pas, car il y a entre l'animal aveugle et l'animal à l'obscurité une différence quantitative trop grande. Mais il est indéniable que, pour nombre de phénomènes, la vision joue un rôle non négligeable.

CHAPITRE VII

RECHERCHES CONCERNANT L'ACTION DE L'OBSCURITÉ SUR LE TRAVAIL MUSCULAIRE

Plusieurs auteurs, parmi lesquels il faut citer surtout Ferré et Griesbach, ont étudié l'action de la lumière sur le travail musculaire.

On doit à Ferré de très remarquables recherches concernant l'influence de la lumière sur le travail et la fatigue, recherches qui l'ont amené à conclure que le travail ergographique devient plus grand lorsque l'on passe de l'obscurité à la lumière. Quant à Griesbach, ses études ont porté surtout, sur les aveugles et lui ont permis de montrer que la fatigue apparaît plus chez un aveugle que chez un homme normal.

Sur le conseil de M. le professeur Raphaël Dubois, nous avons repris les recherches de Ferré et nous avons étudié à notre tour l'action de la lumière blanche et de l'obscurité sur le travail musculaire.

Un point important était à résoudre avant d'aborder ce problème; c'était le choix du sujet. On sait, en effet, l'influence que certain facteur, telle l'alimentation par exemple, peut avoir sur le travail musculaire, et il suffit de rappeler ici les remarquables recherches de Destrée concernant l'action de l'alcool sur le travail musculaire pour souligner l'importance de ce choix.

Il est indispensable, si l'on veut que les expériences aient quelque valeur, que le sujet sur lequel on opère accepte de se

soumettre à un régime sévère et suivre certaines règles permettant d'expérimenter dans des conditions rigoureusement semblables.

A cet effet, après mûres réflexions, nous avons décidé d'expérimenter sur nous-même.

Voici dans quelles conditions les expériences ont été faites.

Pendant les trois semaines qu'ont duré les expériences, nous nous sommes soumis à un régime très sévère que voilà brièvement résumé :

Levé à 7 heures, couché à 21 heures, repas à heure fixe, répartis comme suit :

8 heures : petit déjeuner composé de chocolat, pain et beurre.

12 heures : déjeuner composé d'une entrée, une viande, un légume, du fruit.

17 heures : dîner composé d'un potage, un légume, deux œufs, de la confiture.

Pendant toute la durée de l'expérience, l'alimentation a été la même; il en a été de même des diverses occupations de la journée.

Les expériences ont été faites sensiblement à la même heure.

Le travail musculaire étant mesuré par le poids que le muscle soulève, multiplié par la hauteur de soulèvement, lequel égale le raccourcissement musculaire, nous nous sommes servi pour l'enregistrer d'un ergographe.

Cet appareil consiste en une pièce métallique pouvant se déplacer sur deux glissières horizontales et portant un stylet inscripteur; à cette pièce est attaché, par une corde se réfléchissant sur une poulie, un poids déterminé et variable (1.500 grammes dans nos expériences).

Un bras étant appliqué sur une planchette et immobilisé à l'aide de brassards métalliques, on accroche l'anneau précité à la dernière phalange du médius; en fléchissant cette phalange on soulève le poids, et le stylet, portant sur un enre-

gisteur, trace en vraie grandeur la hauteur à laquelle ce poids est soulevé.

En continuant rythmiquement ce déplacement guidé par un métronome, les flexions et le cylindre se déplacent, les traits deviennent de moins en moins longs et, enfin, la flexion est devenue impossible.

Par ce procédé, nous avons obtenu six tracés, trois à la lumière et trois à l'obscurité; ce sont ceux représentés dans la figure 2.

Notre expérience est venue confirmer les recherches de Ferré.

Comme on le voit très nettement sur nos graphiques, dans tous les cas le travail musculaire a été plus considérable à la lumière qu'à l'obscurité.

Une cause d'erreur excessivement fréquente lorsque l'observateur expérimente sur lui-même est la suggestion, qui peut fausser dans certaines mesures les résultats.

Afin d'éviter cet écueil, nous avons expérimenté en outre sur divers sujets n'étant pas au courant de nos expériences et par conséquent n'étant pas susceptibles de s'autosuggestionner. Les résultats ainsi obtenus sont venus pleinement confirmer nos premières expériences.

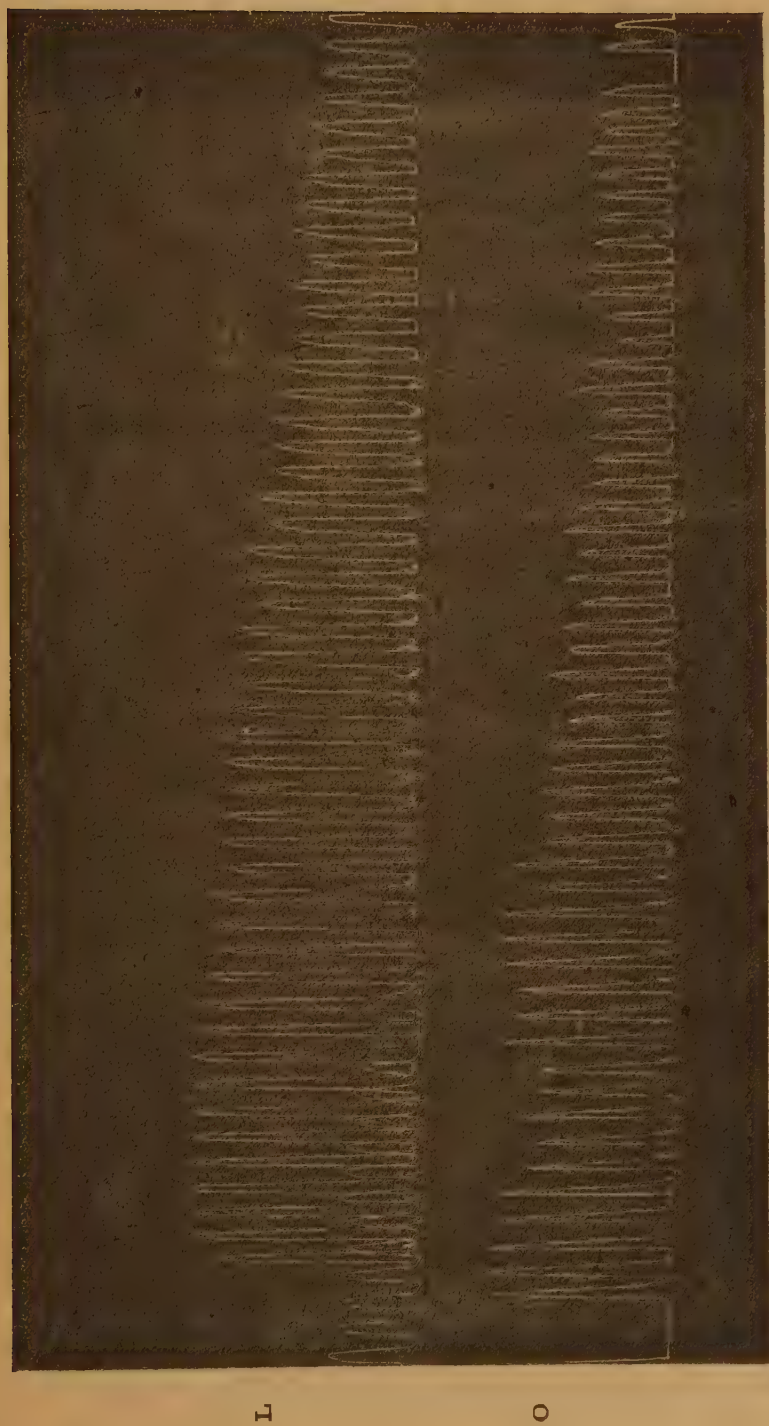


FIG. 2.— Courbes ergographiques montrant la différence du travail musculaire
à la lumière (L), et à l'obscurité (O).

CONCLUSIONS

1° Sous l'influence de l'obscurité, on constate un double phénomène qui se traduit, d'une part, par une diminution des échanges organiques; d'autre part, par une augmentation des réserves.

2° Pour ce qui est de la diminution des échanges, on constate :

a) Du côté de la respiration, une diminution dans l'élimination de l'acide carbonique;

b) Du côté de la nutrition, une perte de poids moins grande et une diminution moins rapide des réserves glycogéniques du foie chez l'animal privé de nourriture et séjournant à l'obscurité;

c) Une diminution de la sécrétion urinaire;

d) Une diminution du travail musculaire.

3° Pour ce qui est de l'augmentation des réserves, contrairement à ce qui était généralement admis, les animaux placés à l'obscurité augmentent plus rapidement de poids que ceux séjournant à la lumière et recevant la même quantité de nourriture : à cette augmentation de poids correspond une augmentation plus grande des réserves glycogéniques du foie.

4° Contrairement à ce qui était généralement admis, l'obscurité n'apporte aucune modification dans l'évolution et les métamorphoses des pontes de grenouilles.

5° Contrairement à ce qui était généralement admis, l'obscurité ne diminue pas le nombre des globules rouges du sang; bien au contraire, chez le lapin, nous avons constaté une légère augmentation.

6° L'obscurité diminue la résistance globulaire.

7° On constate à l'obscurité une diminution de la sécrétion urinaire.

8° On constate également une diminution du travail musculaire.

9° Dans la production de tous ces phénomènes, il faut attribuer une large part à l'influence du réflexe rétinien.

BIBLIOGRAPHIE

1682. ANGO (le Père), *Optique*, Paris, 1862.
1742. ARBUTNOT, *Essai des effets de l'air sur le corps humain*, 1742.
1785. SENNEBIER, *Physikalisch. chemische Abhandlungen*, Leipzig, 1785.
1818. EDWARDS, *Influence des agents physiques sur la vie*, Paris, 1818.
- GIRARD, *Sur l'heureuse influence du soleil* (th., Paris, 1818).
1820. LACHAISE, *Considérations sur la lumière* (th., Paris, 1820).
1825. EDWARDS, *les Agents physiques et la vie*, 1825.
1828. HAUTERIVE, *De l'influence de la lumière sur les êtres organisés en général et sur l'homme en particulier*, 1828.
1851. BRÜCKE, Action de la lumière sur le caméléon (*Litgungsber. d. Wien. Akad.*, 1851, II, p. 807).
1858. BÉCLARD (J.), Influence de la lumière et des divers rayons colorés du spectre sur le développement des animaux et sur les phénomènes de nutrition en général (*C. R. Acad. des Sciences*, 1858).
- — Influence de la lumière sur les animaux (*C. R. Acad. des Sciences*, 1859).
1859. BECQUEREL (E.), Recherches sur la phosphorescence (*C. R. Acad. des Sciences*, 1859).
1867. WINSLOW, *Light, its influence on Life and health*, 1867.
1868. BECQUEREL (E.), *la Lumière, ses causes, ses effets*, Paris, 1868.
- — Des effets produits sur les corps par les rayons solaires (*Ann. de Phys. et de Chimie*, 3^e série, n^o 9).
1869. ANGOTIÖN, *Recherches sur le spectre solaire en Suède*, 1869.
1870. AUERBACH, *Centr. Bl. für d. Med. Wissenschaft.*, 170. p. 357.
- SELMI et PIACENTINI, Recherches sur l'action de la lumière (*Instist. Lomb. de Scienze et Lettre*, 1870).
1875. LOEBEL, les Causes du coup de soleil (*Journ. der pracht. Heilkunde von Rufeland u Harber*, Berl., 1875).

1877. BARDAN, *les Radiations chimiques du soleil*, Paris, Gauthier-Villars, 1877.
— — *la Lumière et les climats*, Paris, Gauthier-Villars, 1877.
— WAITZ, Origine de la coloration de la peau des nègres (*Anthropol. des naturvölker*, 1877).
1880. BERT (P.), Influence de la lumière sur les êtres vivants (*Revue scientifique*, 1878, p. 987).
— DOUWN et BLUNT (*Proceed of the Roy. Soc. of London*, XXVIII, 1878).
— YUNG (E.), De l'influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux (*Archives de Zool. exp.*, 1878).
— — Action de la lumière sur la nutrition animale (*C. R. Acad. des Sciences*, 1878).
1879. RONCHI et FUBINI, Variations dans l'émission de CO₂ par un membre placé à l'obscurité et à la lumière (*Arch. per Scienze medicale*, 1879, vol. I).
— SCHMIDT-RIMPLER, Troubles psychiques produits par la privation de la lumière (*Arch. f. Psychiatrie*, 1879, vol. IX, p. 253).
1880. MAITESSIER, *la Lumière* (Hachette, 1880).
1883. CHARDONNET (DE), Absorption des rayons ultra-violetes par les milieux de l'œil (*Journ. de Phys.*, 2^e série, t. II, p. 219, 1883).
— SORET, Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violetes (*Arch. des Sc. phys. et naturelles*, 2^e période, t. LXI, LXII, 1883).
1884. Raphaël DUBOIS, Physiologie des pyrophores (*Biol.*, s. 7, v. LXVI, 1884).
— Raphaël DUBOIS et AUBERT, Lumière des pyrophores (*C. R. de la Soc. de Biol.*, 1884).
— — les Myriapodes lumineux (*Rev. scientifique*, XXXIX, n^o 16, 1884).
1885. ARLOING, *De l'influence de la lumière sur la végétation*, 1885.
— Raphaël DUBOIS, Sur la phosphorescence des poissons (*C. R. de la Soc. de Biol.*, s. 8, II, p. 231, 1885).
— — les Vers luisants et l'éclairage des nids (*Science et Nature*, n^o 44, Paris, 1885).
— MOLESCHOTT, Recherches sur l'action de la lumière (*Wiener Medizin. Woch.*, 1885).
1886. Raphaël DUBOIS, *les Elatérides lumineux* (thèse de doct. ès sciences, Paris, 1886).

1886. — Action de la lumière émise par les êtres vivants sur la rétine et sur les plaques au gélatino-bromure (*C. R. de la Soc. de Biol.* s. 8, III, p. 130, 1886).
- — Persistance des troubles moteurs d'origine cérébrale après ablation de la tête chez le canard (*Biol.*, s. 8, III, p. 19, 1886).
1887. Raphaël DUBOIS, Sur les myriapodes lumineux (*C. R. de la Soc. de biol.*, s. 8, IV, p. 6, 1887).
- — Fonction photogénique chez les pholades (*C. R. de la Soc. de Biol.*, s. 8, II, p. 564, 1867).
- — les Vacuolides (*C. R. de la Soc. de Biol.*, mémoire X, s. 8, IV, 1887).
- — De la fonction photogénique chez les œufs de lampyre (*Bull. de la Soc. zool. de France*, XII, 1887).
- — Sur la fonction photogénique chez les pholades (*C. R. Acad. des Sc.*, s. 9, V, n° 17, 1887).
- — Recherches sur la fonction photogénique (*C. R. Acad. des Sc.*, mai 1887).
- — DUCLAUX, l'Action de la lumière est liée à un phénomène d'oxydation (*Ann. de l'Inst. Past.*, 1887, p. 88).
1888. CARPENTIER, la Lumière et les couleurs au point de vue physiologique (Paris, J.-B. Baillière, 1888).
- Raphaël DUBOIS, Production de la lumière chez la pholade dactyle (*Biol.*, s. 9, V, 481, 1888).
- — Sur les Elatérides lumineux (*Bull. de l'Ass. des Amis de l'Univ. de Lyon*, p. 10, 1888).
- — Du rôle de la symbiose chez certains animaux marins lumineux (*C. R. Acad. des Sc.*, VII, p. 502, 1888).
- — Mensurations par la méthode graphique des impressions lumineuses produites sur certains mollusques lamellibranches par des sources d'intensité et de longueur d'ondes différentes (*Biol.*, s. 9, V, p. 14, 1888).
1889. Raphaël DUBOIS, Nouvelles recherches sur la phosphorescence animale (*Biol.*, s. 9, I, p. 611, 1889).
- — De la physiologie et de l'anatomie du siphon de la pholade dactyle (*Biol.*, s. 9, I, 521, 1889).
- — les Microbes lumineux (*Echo des Soc. et Ass. vét.*, Lyon, 1889).
- — Sur le mécanisme des fonctions photodermatiques et photogéniques dans le siphon de *Pholas dactylus* (*C. R. Acad. des Sc.*, CIX, p. 233, 1889).

1889. — le Sommeil hibernant est-il le résultat d'une intoxication physiologique (*Biol.*, s. 9, I, p. 260, 1889).
- VERWORN, Psycho-physiologische Protestenstudien (*Experimentelle untersuch Nachrif.*, Zena, 1889).
1890. Raphaël DUBOIS, Nouvelles recherches sur la production de la lumière par les animaux et par les végétaux (*C. R.*, 25 novembre 1890).
- — Nouvelle théorie du mécanisme des sensations lumineuses (*Rev. gén. des Sc. p. et appl.*, p. 198 et s., Paris, 1890).
- — Sur les perceptions des radiations lumineuses par la peau des protées aveugles des grottes de la Carniole (*C. R. Acad. des Sc.*, 17 février 1890).
1891. Raphaël DUBOIS, Sur la production de la phosphorescence de la viande par *Photobacterium sarcophilum* (*Soc. des Sc. phy. et nat. Vaudoise*, Lausanne, 1891).
1892. ARNOLD, Concerning the employments of light in the treatment of disease (*South. prat. Washrille*, 1892).
- BÜCHNER, Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bakterien und über, die Delbstreinigung des Flüsse (*Arch. f. Hyg.*, XVIII, p. 179).
- — Ueber den Einfluss des lichten auf Bakterien (*Centralblatt*, 1892).
- Raphaël DUBOIS, Anatomie et Physiologie de la pholade dactyle (*Ann. de l'Univ. de Lyon*, II, 1892).
- — Quelques faits relatifs à l'action de la lumière sur les protées des grottes de la Carniole (*Linn.*, XXXIX, 1892).
1893. Raphaël DUBOIS, Extinction de la lumière du *Photobacterium sarcophilum* par la lumière (*Biol.*, s. 9, V, p. 180, 1892).
- — Anatomie et physiologie de la pholade dactyle (*Biol.*, s. 9, V, p. 149, 1893).
- — Physiologie comparée de thermogénèse (*Biol.*, s. 9, V, 1893).
- — Autonarcose carbonico-acétonique de la marmotte (*Biol.*, s. 10, II, p. 140, 1893).
1894. D'ARSONVAL et CHARRIN, Influence des agents atmosphériques, en particulier de la lumière et du froid sur le bacille pyocyanique (*C. R. Acad. des Sciences*, janvier 1894).
- Raphaël DUBOIS, la Lumière physiologique (*Rev. gén. des Sc. p. et appl.*, p. 415-422 et 529-534, Paris, 1894).
1895. ARNOULD, Influence de la lumière sur les animaux et les microbes; son rôle en hygiène (*Rev. d'Hygiène*, 1895).

1895. RAPHAËL DUBOIS, Mécanisme de l'autonarcose carbonique (*Biol.*, s. 9, II, p. 830, 1895).
- — De l'autonarcose carbonico-acétonémique ou sommeil hiberna! de la marmotte (*C. R.*, 1895).
- MARSELLA, Action de la lumière sur les animaux rendus artificiellement malades (*Ann. d'Ig. experim. di Roma*, 1895).
1898. BELOW, *Soc. de Méd. berlinoise*, 2 et 9 mars 1898.
- RAPHAËL DUBOIS, Sur le mécanisme de la biophotogénèse (*Biol.*, LII, p. 569, 1898).
- — *Leçons de Physiologie générale et comparée*, Paris, 1890.
- — Action de l'acide carbonique sur la sensitive (*Linn.*, 1898).
- DUCLAUX, *Traité de microbiologie*, Paris, 1898.
- FINSEN, De la Photothérapie (*Presse médicale*, Paris, 1898).
- RUSNELL, Cure de soleil (*Stand-Mag.*, London, 1898).
1899. FINSEN, *Ueber die Bedeutung den chemischen Strahlen des Lichtes für Medicin und Biologie* (Voget, Leipzig, 1899).
- WEDDING, Action de la lumière sur la peau des animaux (*Verhand. des Berlin Ges f. Anthropologie*, p. 167, 1899).
1900. APERY, Héliothérapie, photothérapie, phacothérapie (*Grèce médicale*, 1900).
- BOURNARET, *Action de la lumière sur les bactéries*, th. Toulouse, 1900.
- DANITCH, la Lumière comme remède (*Weirodno Zranie*, Belgrade, 1900).
- DUBOIS, Sur l'éclairage par la lumière froide physiologique, dite lumière vivante (*C. R. Acad. des Sc.*, 1900).
- FINSEN, *Institut photothérapique* subventionné par l'Etat Danois et la Ville de Copenhague.
- — *Traitement de la variole par la lumière rouge, photothérapie, bains de lumière*, Paris, Hauv, 1900.
- *Mittheilungen aus Finsen's Lichtinstitut z.*, Leipzig, 1900.
- SIEFFERMANN, la Lumière en thérapeutique (*Gaz méd. de Strasbourg*, 1900).
1901. BAUMGARTEN, Das licht als Substanz (*Arch. f. Lichtther.*, Berlin, 1901).
- BERGMANN (Von), Mode d'action de la photothérapie (*Soc. de Méd. berlinoise*, 5-12 juin 1901).
- BORDIER, *Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences*, Ajaccio, 1901.
- RAPHAËL DUBOIS, Nouvelles recherches sur la biophotogénèse (*C. R. Acad. des Sciences*, 1901).

1901. — Sur la prétendue phosphorescence du corps vitré (*C. R. de la Soc. de Biologie*, LIII, p. 180, 1901).
- — Sommeil naturel par autonarcose carbonique provoquée expérimentalement (*C. R. de la Soc. de Biol.*, LIII, p. 231, 1901).
- — Autonarcose carbonique chez les végétaux (*C. R. de la Soc. de Biol.*, p. 956, 1901).
- HOVENT, Institut für licht u. comp. Lufthüder (*Arch. f. Lichttherap.*, Berlin, 1901).
- — SAUMONIER, Facteurs de la cure marine (*Bull. gén. de Thérap.*, 23 août 1901).
- ROMME, Principes de photothérapie (*Presse Médicale*, 21 septembre 1901).
- ROTH, Die Technische cörrrektur des Lebensraumes als Naturliche. Grundlage des Heilovefahrens im neuen Jahrhundert (*Arch. de Lichtth.*, Berlin, 1901).
1902. BELOW, Nicht geheilte Fälle aus Lichttherapie (*Arch. f. Lichttherapie*, Berlin, 1902).
- BROCA et CHATIN, *C. R. Ac. des Sc.*, mars 1902.
- CIECHAUSKI, *Etat actuel de la question bactéricide de la lumière* (th. Moscou, 1902).
- Raphaël DUBOIS, Sur le mécanisme interne de la formation de la pourpre chez *Murex brandaris* (*C. R. Soc. Biol.*, LIV, p. 82-83, 1902).
- Le mécanisme de la formation de la pourpre (*C. R. Ac. des Sc.*, CXXXIV, p. 245-247, 1902).
- FLAMMER, Lichtbiologie und Heliotherapie (*Schewiz. Arz. med., a Univ. d'Inst.*, Zurich, 1902).
- FOVEAU DE COURMELLES, les Cures de lumière (*Rev. Méd.*, Paris, 1902).
- FOMS, Fundamentos racionales de la heliotherapia (*Oto-Rhino-Laryn. Espano*, Madrid, 1902).
- HOFBAUER, Action de la lumière sur la force musculaire (*XX^e Congrès ald. de Médecine interne Wiesbaden*, 15-18 avril 1902).
- MACHIATI, De la photosynthèse en dehors de l'organisme (*C. R. Ac. des Sc.*, 1902).
1903. BANG, Ueber die Wirkungen des Lichtes auf microben (*Med Byo-Institut*, Kopenhagen, 1903).
- BARNARD (J.-E.) et MORGAN (H. de R.), the Physikalfactors in phototherapie (*Brit. med. Journ.*, 14 novembre 1903).

1903. BELLINI, Luce e salute. Fototerapia (*Milano Hoepli*, 1903).
— BLOCH, *Société de Biologie*, 19 décembre 1903.
— Raphaël DUBOIS, Action de la lumière sur les êtres vivants (*Traité de phys. biol. de d'Arsonval*, II, 1903).
— LEREDDE et PAUTRIER, Phototherapie et Photobiologie (*C. Baud.*, Paris, 1903).
— MAAG (F.), Ueber der Einfluss des Lichtes auf den Menschen und den gegenwärtigen Stand des Freilichtehandlung (*Cones. Bl. f. Schweiz Aertzte*, 15 septembre et 1^{er} octobre 1903).
— MAC DOUGAL, the Influence of light and darkness upon growth and Development (*Mem. H. G. Bot. Garden*, 1903).
— NOGIER, *la Lumière et la Vie* (th. de Lyon, 1903).
— RILOW, Sur l'influence des bains d'air et de soleil sur la température du corps, le pouls, la pression artérielle, la respiration et la force musculaire et le poids (*Journal de Physioth.*, 15 octobre 1903).
— RIVIÈRE, la Physiothérapie (*XII^e Congrès int. de Méd. à Madrid*, avril 1903).
— ROBIN et BINET, Variations des échanges respiratoires sous l'influence de l'altitude, de la lumière, de la chaleur (*Journ. de Physiothérapie*, 15 février 1903).
— GUINDA, *Bull. et Mémoires de la Soc. des Médecins de Nice*, 1903.
1904. ABADIE, *Des propriétés physiques, biologiques et thérapeutiques de la lumière* (th. de Paris, 1904).
— BERNHARDT, Therapeutische Verwendung des sonnenlichten in Chirurgie (*Korrespondenzblatt. für Schweizer Aertze*, 1904).
— BOUCART, REVILLET et VERNET, Traitement des tuberculoses curables par l'héliothérapie et la balnéothérapie (*Congrès de Climatotherapie*, Nice, 1904).
— MANQUAT, l'Adaptation en climatothérapie (*Congrès de Nice*, 1904).
1905. BARBIER, *II^e Congrès de Climatotherapie*, Pau, 1905.
— BENOIT, la Cure marine (*la Clinique*, 1905).
— BONGARD, *la Santé par le grand air* (Baillièrre et fils, 1906).
— COMTY, *II^e Congrès de Climatotherapie*, Pau, 1905.
— Raphaël DUBOIS, Héliotropisme animal (*C. R. Soc. de Biol.*, LVIII, p. 2991, 1905).
— RICKLI, *Médecine naturelle et bains de soleil*, 1905.
— THAON, Recherches sur l'influence du soleil sur la richesse du sang (*Soc. Méd. de Climatologie*, juin 1905).

1905. BERGLIONE, *Traitement des tuberculoses chirurgicales par l'héliothérapie* (th. Paris, 1903).
1906. AURIGO, *le Soleil générateur et régénérateur*, 1906.
 - BERGLIONE, *Traitement des tuberculoses chirurgicales par l'héliothérapie sur le littoral méditerranéen*, 1906.
1907. CHIAIS, Rapport sur le traitement solaire (*Congrès de Cannes*, 1907).
 - — Des cures solaires directes (*Congrès de Climatologie de Nice*, 1902).
 - — MALGAT, *Cure solaire et tuberculose pulmonaire*, Mâcon, Imprimerie Générale, 1907).
 - — la Cure solaire et la tuberculose pulmonaire (*Mémoire à l'Ac. de Médecine*, 1907).
1908. Raphaël DUBOIS, Influence de la lumière sur le dégagement et sur l'orientation des molécules gazeuses en dissolution (*C. R. Ac. des Sc.*, 1908).
 - HALLOPEAU et ROLLIER, Sur les cures solaires directes des tuberculoses dans les stations d'altitude (*Gazette des Eaux*, 17 décembre 1908).
1909. ARTAULT, les Applications curatives de la lumière solaire (*Acad. de Méd.*, janvier-février 1909).
 - Raphaël DUBOIS, Recherches sur la pourpre et quelques autres pigments animaux (*Arch. Zool. exp. et gén.*, 5^e série, II, 1909).
 - KUSS, Recherches expérimentales sur la méthode d'action des cures d'altitudes (*Soc. Méd. des Hôpitaux*, 24 mai 1909).
 - SÉRSTON, le Bain de soleil (*la Clinique*, 26 février 1909).
 - GAUSSEL, *Traitement de la tuberculose pulmonaire*, 1909.
 - MALGAT, les Energies solaires dans la tuberculose pulmonaire (*Tuberculosis*, 1909).
1910. AZAIS, *la Lumière, son application dans le traitement de la tuberculose* (th. de Montpellier, 1910).
 - FRANZONI, *De l'élimination spontanée des séquestres tuberculeux par la cure solaire*, 1910).
 - MALGAT, Bains de soleil (*Tuberculosis*, n° 2, février 1910).
 - — la Cure solaire à Nice, les cures d'air et de régime chez les enfants, Paris, 1910.
 - — la Cure solaire de la tuberculose pulmonaire chronique J.-B. Baillière, Paris.
1911. DORNO, *Studie über Licht und Luft des Hochgebirges*, 1911.
 - JAUBERT, la Cure héliomarine des adénites cervicales (*Revue des agents physiques*, septembre 1911).

1911. REGNARD, la Cure d'altitude (*Paris médical*, 16 septembre 1911).
- ROEDERER, A propos de l'héliothérapie (*J. de Médecine de Paris*, 1911).
- BARDENHEUER, Sur l'héliothérapie (avec discussion) (*Soc. gén. de Médecine de Cologne*, 6 mai 1912).
- BERNHARD, Heliotherapis in Hochgebisge (*Euke*, Stuttgart, 1912).
- DELILLE, Héliothérapie (*Ann. de Méd. et de Chirurg. infant*, Paris, 1912, 526-531).
- — Rapport sur l'héliothérapie (discussion) (*Soc. de Pédiatrie*, 11 juin 1912).
- MASCARD, l'Action du soleil (*la Nature*, 2^e sem. 1912).
- RECKLINGHAUSEN, Résultats obtenus jusqu'à ce jour dans l'application des rayons ultra-violets (*Rev. d'Hyg.*, Paris, 1912).
- CALMÉ, De l'importance des hôpitaux maritimes dans le traitement des tuberculoses chirurgicales (*Rapport du Congrès de Tuberculose*, Rome, 1912).
- DOCHE, De l'héliothérapie en climat marin (*Pédiatrie pratique*, 8 décembre 1912).
- JAUBERT et RIVIER, la Cure hélio-marine (*Presse médicale*, 22 juin 1912).
- — De la nécessité de l'immobilisation dans le traitement héliothérapique des tuberculoses ostéo-articulaires (*Concours médical*, n° 46, 17 novembre 1912).
- MALGAT, la Surpigmentation cutanée due à la cure solaire dans la tuberculose (*VII^e Congrès int. de la Tuberculose*, Rome, 1912).
- MIRAMONT DE LAROQUETTE, Sur l'érythème solaire et la pigmentation (*le Monde médical*, 15 décembre 1912).
- PONCET et LERICHE, Héliothérapie (*Communication à l'Ac. de Méd.*, 15 octobre 1912).
1913. AIMES, Quelques recherches expérimentales sur l'héliothérapie (*Mémoire pour le prix Swiecicki*, 1913).
- — l'Héliothérapie, th. de Montpellier, 1913.
- AIMES et ETIENNE, l'Héliothérapie (*Soc. des Sc. méd. de Montpellier*, 20 février 1913).
- CHATIN et CARLE, Photothérapie (*Encycl. des Aides-Mémoires*, Paris, Masson et C^{ie}).
- COURTADE, l'Irritabilité dans la série animale.
- ESTOR, Conférence faite à l'Association polytechnique de Perpignan (*Montpellier médical*, 1913).

1913. LERICHE, A propos de l'héliothérapie (*Presse médicale*, 15 février 1913).
- NOGIER, les Bases scientifiques de la thérapeutique par la lumière (rayons visibles et invisibles) (*Avenir médical*, mai 1913).
- ZIMMERN, les Bases physiologiques de l'héliothérapie. Etat actuel de la question (*Presse médicale*, 13 mai 1913).
- JAUBERT, Conditions favorisant la pratique de l'héliothérapie (*Lyon médical*, 23 mars 1913).
- D'OELSNITZ, Note sur les éléments d'appréciation des conditions de l'intensité de la durée utile de la cure solaire chez les enfants (*Société de Pédiatrie*, 20 mai 1913).
- RIVIER, la Cure solaire à travers les âges (*Presse médicale*, 15 novembre 1913).
1914. Raphaël DUBOIS, *la Vie et la lumière*, Paris, Félix Alcan, 1914.
- ROLLIER, *la Cure solaire*.
1915. JEANNERET (Lucien), *Comment protéger l'enfance contre la tuberculose*, Paris, O. Doin et fils, 1915.
- LEO (G.), *Trois mois de chirurgie de guerre dans la zone de l'arrière*, Paris, Maloine, 1915.
1916. MULLER, *Un essai*.
1917. *La Vie au soleil*.
1918. BRAY, *the Reaction of the melanophores of amiaurus to light and to adrenalin*.
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	I
PREMIÈRE PARTIE	
CHAPITRE PREMIER. — Historique	5
CHAPITRE II. — Etude physique de la lumière.	51
DEUXIÈME PARTIE	
CHAPITRE PREMIER. — Techniques et méthodes.	63
CHAPITRE II. — De l'action comparative de la lumière et de l'ob- scurité sur la température animale.	65
CHAPITRE III. — De l'action comparative de la lumière et de l'ob- scurité sur la circulation sanguine.	75
CHAPITRE IV. — De l'action comparative de la lumière et de l'ob- scurité sur la croissance et la nutrition	97
CHAPITRE V. — De l'action comparative de la lumière et de l'ob- scurité sur la diurèse	113
CHAPITRE VI. — Quelques recherches faites sur l'animal aveugle considéré comparativement à celui placé à l'obscurité	120
CHAPITRE VII. — Recherches concernant l'action de l'obscurité sur le travail musculaire	126
CONCLUSIONS.	131
BIBLIOGRAPHIE	133

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

1° *Mitochondries et vacuolides.*

2° *Existe-t-il des plantes carnivores,*

Lu et accepté :

Les Membres du Jury :

DUBOIS.
COUVREUR.
J. RAY.

Vu et approuvé :

Lyon, le 15 juillet 1918.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE LYON,
C. DEPÉRET.

Vu et permis d'imprimer :

POUR LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
C. DEPÉRET.

